

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE  
DE TUNIS

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
DES PECHEES MARITIMES DE NANTES.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DU CYCLE DE  
SPECIALISATION

SPECIALISATION : HALIEUTIQUE

OPTION : TECHNOLOGIE DES PRODUITS DE LA PECHE

TITRE DE L'ETUDE

ESSAIS D'UTILISATION DES CRYOPROTECTEURS : APPLICATION AU HACHIS DE POISSON.

par : NECIBI Mohamed Mongi

Soutenue le : février 1982 devant la commission d'examen :

M. BEN OTHMAN Sadok, Président

MM. GLENZA Abderrazak

MSADAA Kacem

ABASSI Amor

HAN-CHING Luçay

} Examineurs

## REMERCIEMENTS

---

Ce travail a été réalisé au Laboratoire "Qualité des Produits" de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes de Nantes (ISTPM), sous la direction de M. HAN-CHING Luçay.

Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance pour l'accueil qu'il m'a réservé dans son laboratoire et pour la bienveillance qu'il m'a toujours témoignée tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi à M. VAN DAN TRAN, pour avoir suivi de près ce travail et pour les conseils qu'il m'a prodigués.

Je suis très reconnaissant à tous ceux qui m'ont apporté leur aide durant mon stage et particulièrement Mme LE BOBINNEC pour avoir accepté de dactylographier ce mémoire.

Je remercie M. DURAND Henri, Chef du Département "Utilisation et Valorisation des Produits Marins" dont dépend ce laboratoire, l'ISTPM et son Directeur M. MAURIN Claude, qui m'ont permis d'élaborer ce travail et tout le personnel du laboratoire "Qualité des Produits" qui m'a été très sympathique.

J'exprime ma profonde reconnaissance à M. JERRAYA Abderrahman, Directeur de l'INAT, M. BEN OTHMAN Sadok, Directeur de la Chaire d'Halieutique et les enseignants M. AZOUZ Abderrazok, Mme KTARI Founoun et Mme ZAOULI Jeanne à qui je dois ma formation.

# TABLE des MATIERES

	N° pages
<u>Avant Propos</u>	
<u>Résumé.</u>	1 - 2 - 3
<u>Introduction.</u>	4
A. <u>Importance économique de l'industrie</u> <u>alimentaire halieutique.</u>	4
I. <u>Production.</u>	4
II. <u>Espèces pêchées</u>	5
III. <u>Consommation</u>	6
IV. <u>Diversité de l'utilisation des produits</u> <u>de la pêche.</u>	7
V. <u>Place de l'industrie alimentaire halieutique</u> <u>dans l'ensemble de l'industrie de la</u> <u>conservation. Cas de la France.</u>	8
B. <u>Matières premières principales pour le</u> <u>hachis.</u>	9
C. <u>Evolution des méthodes de traitement et de</u> <u>conservation à bord des chalutiers européens</u>	11
 <u>Partie bibliographique.</u>	
A. <u>Composition chimique</u>	
I. <u>L'eau</u>	15
II. <u>Les protéines</u>	16
III. <u>Fraction azotée non protéique</u>	17

IV. <u>Les lipides</u>	18
V. <u>Les glucides</u>	18
VI. <u>Matières minérales de vitamines</u>	19
 B. <u>Modifications du poisson dues à la congélation</u>	19
I. <u>Processus de congélation</u>	19
II. <u>Modifications observées</u>	20
III. <u>Modifications de texture</u>	21
 C. <u>Dénaturation des protéines dans le poisson congelé.</u>	23
I. <u>Comportement des diverses protéines</u>	23
II. <u>Mécanisme de la dénaturation des protéines</u>	24
III. <u>Influence des différents traitements technologiques sur l'intensité du processus de dénaturation.</u>	26
a) <u>état de fraîcheur et vitesse de congélation.</u>	27
b) <u>température et durée de stockage</u>	28
c) <u>composition chimique du milieu</u>	29
 D. <u>Cas du poisson haché.</u>	30
 E. <u>Cryoprotecteurs</u>	31
<u>Introduction</u>	31
<u>Classification des cryoprotecteurs</u>	32
<u>Mécanisme d'action de divers cryoprotecteurs</u>	35
 F. <u>La texture et la consistance.</u>	41
<u>Généralités</u>	41
<u>Méthodes de mesures instrumentales</u>	42
<u>Méthodes sensorielles</u>	45

Partie expérimentale	N° pages
I. <u>Introduction</u>	50
II. <u>Matériels et méthodes</u>	52
1. <u>préparation du hachis</u>	52
2. <u>lavage du hachis</u>	53
3. <u>traitement aux cryoprotecteurs</u>	53
a) choix des cryoprotecteurs	
b) divers traitements	
4. <u>analyse chimique</u>	59
5. <u>méthode instrumentale de la mesure de la texture</u>	61
6. <u>analyse organoleptique</u>	65
7. <u>mesure de la couleur</u>	66
III. <u>Signification des indices</u>	66
1. <u>solubilité des protéines</u>	66
2. <u>indice texturométrique</u>	67
3. <u>corrélation tests instrumentaux - tests sensoriels</u>	71
IV. <u>Résultats</u>	77
V. <u>Discussion</u>	84
A. <u>Influence du lavage sur la qualité générale du hachis</u>	84
1. <u>influence du lavage sur la couleur</u>	85
2. <u>influence du lavage sur la composition du hachis</u>	86
3. <u>influence du lavage sur la texture</u>	86
4. <u>influence du lavage sur le taux de protéines extractibles</u>	88
B. <u>Influence des cryoprotecteurs</u>	89
1. <u>polyalcools</u>	89
2. <u>sucres et polysaccharides</u>	90
3. <u>substances spécifiques</u>	91
VI. <u>Conclusion générale</u>	93
Bibliographie	
Annexes	

## AVANT - PROPOS

---

Depuis de nombreuses années les pays développés se sont tournés vers les protéines carnées. C'est ainsi que l'alimentation protéique d'origine animale est de 70 % dans ces pays alors qu'elle n'est que de 16 % dans les pays les plus défavorisés. Cette évolution ne cesse de se poursuivre : que ce soit dans les pays en voie de développement où les besoins sont naissants ou dans les pays développés où la surconsommation s'accroît. Elle se fait aux dépens des protéines d'origine végétale (céréales principalement). La surenchère sur la viande était signe distinctif de la richesse d'une nation et de son niveau de vie. Aujourd'hui, cette idée est discutée. La consommation se répartit de nouveau sur les trois origines : viande, poisson et végétaux. Une enquête réalisée aux U.S.A. par le FOOD PROTEIN COUNCIL en 1976 révèle que 24 % des américains restent favorables à la viande, 21 % au poisson et 33 % considèrent que l'alimentation de demain est le soja.

Le Monde prend conscience que la grande majorité de l'humanité ne peut satisfaire ses besoins fondamentaux alors que parallèlement l'irrationalité du mode actuel d'alimentation a instauré un formidable gaspillage de matière première. Nous citerons plusieurs exemples que ce soit sur le faux poisson ou les "déchets" de transformation.

Actuellement, la consommation de viande s'accroît rapidement dans les pays développés ; si aucun risque de pénurie de protéines n'est à craindre à court terme (à cause des réserves de protéines actuellement gaspillées : poissons et végétaux) la pénurie de viande est certaine. Plusieurs pays manquent de protéines, ce qui pose le problème fondamental de l'économie

mondiale qu'est la sous-nutrition.

D'autres souffrent de l'excès, la malnutrition est devenue un problème aussi réel dans les pays développés. Le sens de la nutrition rationnelle leur échappe. Le remplacement de la viande par le poisson sous ses formes traditionnelles (frais, conserves, congelés, surgelés....) n'est pas un problème d'une facilité remarquable car la production mondiale du poisson est loin de combler le déficit sur les viandes. Seulement, une petite partie pourrait être remplacée par le hachis de poisson qui est un produit nouveau, mais faut-il tenir compte du consommateur ?

L'introduction de nouveaux produits sur le marché est une compétition où il faut obtenir l'acceptation du consommateur en lui apportant un produit plus pratique, plus nutritif et plus agréable. Or il faut reconnaître que dans ce contexte où la pénurie n'est pas immédiate (pays développés), les aliments sont abondants, le choix important, l'individu mange d'abord parce que c'est bon et, seulement ensuite parce que c'est nutritif.

Les calories, les protéines, les vitamines et autres notions nutritionnelles ~~restent~~ des concepts très théoriques qui semblent ne concerner que le diététicien. Par ailleurs les aliments manufacturés se sont heurtés à la résistance du consommateur simplement parce qu'ils sont artificiels. Toute imitation étant jugée de qualité inférieure surtout si le prix de vente est moins élevé.

Il faut, en effet garder en mémoire le profond attachement psychologique que beaucoup témoignent vis à vis de la viande. L'art culinaire s'est particulièrement développé pour les produits carnés qui sont devenus ainsi le centre des repas de sociétés occidentales.

La popularisation de ces produits est un effort de longue haleine, le législateur et le fabricant doivent travailler ensemble à mieux définir la réglementation, le fabricant et le consommateur à élaborer de nouvelles recettes tout en respectant la tradition culinaire.

Si chacun comprend bien le sens de cet effort, il est permis d'espérer que l'homme arrivera à mieux équilibrer son alimentation, seule condition pour éviter, plus tard toute pénurie alimentaire.



## SUMMARY

---

This study was carried out in order to find a better use for by

- products or products which are at this time under used :
- filleting residues
- by catch fish
- non commercialized species.

The technology permitting the recuperation of the edible flesh from these products is available and is in fact already in use industrially. A preliminary investigation had been done at the ISTPM on this subject.

Fish mince is the product obtained with the deboning machine, which separates the flesh from skin and bones by forcing it through a perforated metallic drum.

This mince can be put in good use, particularly in production of fish "charcuterie", fish soup or aroma. Research in this field is active in several countries, notably in Japan where enormous amount of mince was used in the production of "Kamaboko" a specifically Japanese fish paste. It appears that in France, fish mince is not widely used, except in the fabrication of "fish balls", "fish cake" and "brandades". However, several problems have to be solved before fish mince could be put in better use, among others, those concerning discoloration, perishability and organoleptic properties.

It is necessary to acquire a better knowledge. On the one hand, the performances of the deboning machines, and on the other hand, the global quality of the obtained products including the microbiological, chemical, sensorial and technological aspects.

In order to improve the keeping quality of fish mince, we have tried several chemical additives and binders in order to find out treatments which would be beneficial during the frozen storage of the product and its later utilization.

The criteria which were used in this study included protein solubility, reflectance colorimetry, instrumental texturometry and sensorial tests.

It was not intended in this work to study the effects of various technological parameters (deboning, freezing, packaging...) except for the washing of the mince. In the latter case, only the presence of EDTA and hypochlorite in the washing solution was considered.

For our study, we have chosen two different kinds of fish : SAITHE (Pollachius virens), of which only filleting residues were used and HORSE MACKEREL (Trachurus sp.) which was used after being headed and eviscerated. In the case of saithe, the carcass were either simply washed or had the spleen brushed away under a water jet.

Our result showed that with saithe a better product was obtainable from the carcass which had their spleen scraped off, both in the point of view of color and texture. Such mince would not need to be washed. As for Horse Mackerel, the washing improved the color of the mince, but that toughened its texture.

The additives which have been tried included the polyalcools, Glycerol, Sorbitol and Lycasin (a hydrogenated glucose sirup), the sugars dextrose, Lab 230 (a glucose sirup), M01 and M05 (Maltodextrins), Lab. 265 (dried potato pulp), trisodium EDTA and Sodium pyruvate.

The obtained results were as follows :

- the polyalcools (3 %) showed a better effect on protein solubility than did sugars at the same concentration. EDTA (0,03 %) and pyruvate (0,3 %) showed no effect with this respect.

- the sugars (3 %), EDTA (0,03 %) and pyruvate (0,3 %) showed a tenderizing effect on the texture of looked mince. This effect appeared to last longer than the effect of polyalcools.

- the combined use of EDTA, pyruvate and sorbitol did not give a significantly better protection against protein denaturation than the use of sorbitol alone. But it did better prevent the deterioration of texture.

- the presence of EDTA (0,03 %) in the washing solution improved the protective action of sorbitol and pyruvate upon the washed mince.

## RESUME

-----

Cette étude a été menée dans le but de valoriser sous forme de "hachis" des produits encore peu exploités actuellement :

- chutes de filetage
- faux poissons ou by catch fish
- poissons non commercialisés.

Le matériel permettant la récupération mécanique de cette chair existe, et la technique est utilisée dans l'industrie. Une enquête préliminaire a déjà été effectuée par l'ISTPM à ce sujet.

Le hachis de poisson est de la chair plus ou moins broyée obtenue par le procédé appelé "Séparation mécanique" qui vise à séparer par passage à travers un tambour perforé, la chair de poisson des arêtes et peaux.

Ce hachis est valorisable, en particulier dans les produits de charcuterie de poisson, l'élaboration de potages ou d'aromes. De nombreux travaux ont été effectués dans divers pays, notamment le Japon pour des espèces et des préparations qui lui sont propres. Il semble qu'en France - à l'exception de fabrication de boulettes, croquettes, brandades - cette matière première ne subisse pas de transformations très élaborées.

Cependant de nombreux problèmes existent pour la mise en valeur de cette nouvelle matière première, notamment concernant la couleur de la chair obtenue, son altérabilité et ses qualités organoleptiques.

Il est donc nécessaire de mieux connaître, d'une part les performances de la récupération, et d'autre part, la qualité de la chair obtenue, tant au point de vue chimique, organoleptique que propriétés technologiques.

Afin de pouvoir garder un tel produit, nous avons essayé plusieurs additifs chimiques "cryoprotecteurs et liants" pour pouvoir dégager une ou plusieurs formules de traitement qui seraient profitables pour l'entreposage à froid et l'utilisation ultérieure du hachis.

Il n'est pas surprenant que ces additifs aient une influence plus ou moins marquée sur les propriétés physiques de la chair. Pour les mettre en évidence nous avons fait un suivi de mesures instrumentales de couleur et de texture.

Pour évaluer la qualité de la chair et le degré de dénaturation de protéines après congélation et stockage, nous mesurons la quantité de protéines solubles dans une solution de NaCl 5 %.

L'évaluation de la texture a été faite par deux méthodes :

- méthode instrumentale ou objective
- méthode sensorielle.

Les procédés technologiques (différentes méthodes de congélation, emballage, décongélation...) n'ont pas fait l'objet de cette étude. Seul le lavage a été étudié. En effet, le lavage pourrait améliorer la couleur et éliminer des substances favorisant la dénaturation des protéines durant l'entreposage.

Nous avons fait cette étude sur la chair récupérée sur les arêtes de lieu noir après filetage (carcasses) et la chair résultante du désarêtage mécanique du chinchard étêté et éviscéré.

Le chinchard est lavé sous un jet d'eau avant passage à la désarêteuse. Quant au lieu noir deux méthodes ont été testées :

- lavage sous un jet d'eau des carcasses
- lavage sous un jet d'eau des carcasses et grattage de la cavité péritonienne.

Après hachage nous avons lavé le produit pour en tester l'effet. Nous avons conclu que la meilleure méthode pour le cas du lieu noir est de laver les carcasses et gratter la cavité péritonienne. La couleur est améliorée, les substances ayant un effet préjudiciable aux protéines sont éliminées. Ainsi le lavage après hachage devient inutile.

Pour le chinchard, ce second lavage permet une importante amélioration de la couleur, mais provoque un durcissement appréciable de la texture.

Afin de garder la qualité de la chair pendant l'entreposage, nous avons étudié l'effet de 3 catégories de cryoprotecteurs :

- polyalcools : sorbitol, glycérol, lycasin
- sucres : dextrose, M01, M05, Lab 230, Lab 265
- substances spécifiques : pyruvate, EDTA.

Ces cryoprotecteurs ont été choisis parce qu'ils sont susceptibles de former des combinaisons à la fois plus efficaces et moins sucrantes que s'ils n'étaient utilisés séparément.

Après les analyses de quantité de protéines extractibles, de couleur et de texture, nous avons obtenu les résultats suivants :

- . les polyalcools ont le meilleur pouvoir antidénaturant, les sucres en ont un peu moins alors que le pyruvate et l'EDTA n'ont aucun effet.

- . les sucres et les substances spécifiques améliorent la texture du hachis jusqu'à une durée de conservation de 4 semaines. Les polyalcools voient leur effet s'anéantir au bout de 2 semaines.

- . aucun cryoprotecteur des 3 catégories n'a un effet sur la couleur.

- . la combinaison EDTA + pyruvate + sorbitol, ne donne pas des résultats significativement supérieurs à ceux du sorbitol au point de vue pouvoir antidénaturant mais apporte une amélioration importante sur la texture.

## I N T R O D U C T I O N

---

### A. Importance économique de l'Industrie Alimentaire Halieutique.

#### I. Production.

Les apports mondiaux ont doublé entre 1938 et 1960, sont passés de 40 millions de tonnes en 1960 à 72 millions de tonnes en 1978. Certains auteurs estiment les prélèvements sans danger pour le stock vivant à 120 millions de tonnes.

La distribution de ces ressources est très inégale, c'est ainsi que les ressources mondiales sont plus importantes dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud. Signalons aussi que 53 % des apports viennent du Pacifique, 40 % de l'Atlantique, 5 % de l'Océan Indien et 2 % de la Méditerranée.

Les tableaux I et II indiquent respectivement les productions annuelles mondiales de poissons de 1973 à 1978 et les captures nominales par pays répartis selon l'importance des prises en 1978.

Année	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Captures	66 808	68 895	68 608	72 113	71 213	72 379

Tableau I. Captures nominales mondiales  
en milliers de tonnes (FAO, 1979).

P a y s	1970	1973	1976	1978
Japon	9 350	10 748	10 662	10 752
URSS	7 244	8 619	10 134	8 930
Chine	4 000	4 300	4 600	4 660
USA	2 892	2 858	3 160	3 512
Pérou	12 535	2 328	4 343	3 365
Norvège	2 986	2 987	3 416	2 647
Inde	1 756	1 958	2 174	2 368
République de Corée	843	1 684	2 406	2 351
Thaïlande	1 444	1 679	1 660	2 264
Danemark	1 227	1 465	1 912	1 746

Tableau II. Catches nominales par pays  
en milliers de tonnes (FAO, 1979).

## II. Espèces pêchées.

Les espèces les plus pêchées peuvent être classées en deux catégories principales :

- poissons bleus : sardines, anchois, maquereaux, harengs, menhadens..
- gadidés : lieux noirs, lieux jaunes, morues, capelans...

Le tableau III indique les captures nominales pour les 10 principales espèces réparties selon l'importance des captures en 1978.

E s p è c e s	1974	1978
1. Lieu noir	2 908	3 904
Lieu jaune		
Morue du Pacifique		
2. Capelan	1 908	3 157
3. Maquereau du Pacifique	1 927	2 556
4. Morue Atlantique	2 813	2 173
5. Sardines japonaises	352	1 934
6. Sardines du hili	281	1 856
7. Anchois du Pérou	3 973	1 184
8. Chinchard	323	1 015
9. Hareng	1 565	036
10. Menhaden	588	821

Tableau III. Captures nominales par espèce  
en milliers de tonnes (FAO, 1979)

Les dix espèces figurant dans le tableau III représentent 37,3 % du total pêché en 1974 et 36,5 % en 1978.

### III. Consommation.

La consommation mondiale reste faible et très inégale : 4,5 kg/tête et par an en moyenne. Alors que la consommation en Norvège est de 50 kg/tête et par an et de 25 kg en Grande Bretagne. Il est important de noter deux types d'évolutions inverses de cette consommation selon la présentation du poisson : baisse pour le poisson frais, salé, séché, fumé ; hausse pour la conserve, le surgelé et le plat cuisiné. Cette différence est très apparente dans les pays industrialisés.



Le tableau IV nous montre que seulement 71 % du tonnage débarqué est destiné à la consommation humaine. D'autre part la marée fraîche ne représente que 28 %.

	Tonnage	%	% totaux partiels=100
- Consommation humaine	51 379 500	71	100
- marée fraîche	20 313 600	28,1	39,5
- congélation	13 237 800	18,3	25,8
- salé, séché, fumé	8 108 100	11,2	15,8
- conserves	9 720 000	13,4	18,9
- Autres utilisations	21 000 000	29	100
- traitement industriel	20 000 000	27,6	95,2
- utilisations diverses	1 000 000	1,4	4,8

Tableau IV. Tonnage débarqué destiné à la consommation humaine (SAINCLIVIER)

#### IV. Diversité de l'utilisation des produits de la pêche.

L'utilisation des produits de la pêche est très variable d'un pays à un autre, chaque pays se spécialisant plus ou moins. Toutefois nous pouvons grouper en 7 catégories les diverses utilisations des produits de la pêche dans le monde.

#### Production élaborée à partir des produits de la pêche dans le monde (1978)

- poissons frais, réfrigérés (ou congelés) (1)	8 240 000 T
- poissons séchés, salés ou fumés	3 190 000 T
- crustacés et mollusques, frais, congelés, séchés, fumés (2)	1 340 000 T
- conserves et semi-conserves de poisson	4 670 000 T
- conserves et semi-conserves de crustacés et mollusques	190 000 T
- huiles et graisses d'animaux marins	1 220 000 T
- farines, hydrolysats, FPC	4 690 000 T

(1) ne comprend que filets de poisson frais ou réfrigérés, filets de poissons congelés, produits divers de poissons congelés. Ne comprend pas poissons vivants, hareng frais ou réfrigérés, produits divers de poissons frais ou réfrigérés.

(2) ne comprend pas les mollusques et crustacés vivants, les crustacés frais non décortiqués et mollusques vivants non décoquillés.

Dans cette évaluation il apparaît que l'utilisation industrielle des produits de la pêche comporte une branche considérable qui n'est pas destinée à la consommation humaine directe. Les farines, les solubilisés et aliments similaires pour animaux provenant d'animaux marins évalués en 1978 par FAO à 4 690 000 T comportent 4 groupes :

- Farines de poisson de fond : produits préparés 509 000 T  
à partir de poissons maigres
- Farines de poisson à chair grasse 4 000 000 T
- Farines diverses provenant d'animaux aquatiques 20 000 T
- Solubilisés de poissons provenant de poissons 157 000 T  
et de mammifères marins.

Notons aussi que la production des huiles et graisses brutes ou raffinées provenant d'animaux aquatiques a été évaluée à 1 220 mille tonnes. Ces huiles sont classées en 3 catégories :

- huile de foie de poisson et produits similaires 28 M tonnes
- huile de chair de poisson 1 128 M tonnes
- huile et graisses de mammifères marins 66 M tonnes

L'huile extraite de la chair représente 90 % de l'huile totale provenant d'animaux marins.

#### V. Place de l'industrie alimentaire halieutique dans l'ensemble de l'industrie de la conserve. Cas de la France.

On distingue 4 groupes d'industries :

- le congelé et le surgelé
- la salaison, le séchage et le saurissage
- la conserve et la semi-conserve
- les produits divers et les sous-produits.

Pour le cas de la France au 1er janvier 1978. SAINCLIVIER

Le Froid comprend 138 usines,

Le Filetage 62 usines,

Les conserveries 68 usines (52 entreprises)

Les semi-conserves 18 usines (marinage)

Les salaisons - 70 usines  
fumaisons

Les sècheries 14 usines  
de morue

Les sous-produits 15 usines.

Malgré ces chiffres apparemment élevés, l'industrie de la conserve de poissons ne représente que 6,6 % du tonnage de produits agricoles mis en conserves (51,2 % légumes, 12,4 % lait concentré, 12,3 % fruits, 11,7 % plats cuisinés, 5,8 % viandes).

#### B. Matières premières principales pour le hachis.

La pêche est essentiellement effectuée au chalut, cet engin de sélectivité plus ou moins bonne sur la taille du poisson n'a aucune sélection pour les espèces. Ainsi après un remorquage de quelques heures, le chalut est ramené à bord avec toutes les espèces qu'il a pu rencontrer et que l'on peut classer en 2 catégories :

- Espèces nobles : traitées à bord pour la commercialisation
- Faux-poisson : "By catch fish" souvent rejeté à la mer.

Une part de la matière première vivante repart au début du cycle biologique c'est-à-dire au niveau des déchets organiques. Cette masse est pratiquement perdue pour le milieu marin et pour les hommes.

Le faux poisson désigne des poissons non commercialisés en l'état, soit parce qu'ils sont blessés ou abimés, soit qu'ils appartiennent à des espèces non commercialisées actuellement. Aucune évaluation du by catch fish n'a jamais été faite, et pourtant, il représente une part importante des prises parfois 30 %, parfois 50 % et jusqu'à 80 %. Une statistique à l'échelle mondiale serait très ardue, compte tenu des difficultés qui entourent le problème. Toutefois quelques estimations ont été publiées. Nous citons ici le cas des chalutiers crevettiers américains pêchant dans le Golfe du Mexique. On estime à 6 millions de tonnes le volume de ces poissons capturés et rejetés chaque année. Environ 20 % de cette quantité pourrait servir pour l'alimentation humaine et le reste à des fins industrielles. Un autre exemple est celui des prises secondaires des chalutiers pêchant la crevette au large des côtes tropicales où les prises totales de poissons comestibles rejetées à la mer sont estimées à 5 millions de tonnes par an. Il est expliqué que le type et le système de fonctionnement actuel des chalutiers crevettiers laissent peu de choix étant donné que la rentabilité du traitement du poisson comme de la crevette est faible. C'est ainsi qu'en 1970 on a estimé à 7,7 % à 8,7 % du tonnage mondial le tonnage de faux poisson pêché par les simples crevettiers.

Outre le faux poisson, le problème de la matière première non utilisée provenant de diverses industries de la pêche s'est posé, matière première essentiellement constituée de surplus de captures non commercialisables ou de "chutes de transformation".

Elle a été utilisée pour la production d'huile et d'engrais, ensuite farine pour l'alimentation animale.

D'autres préoccupations ont poussé la technologie à la fabrication des FPC (fish protéin concentrate) et d'hydrolysats pour l'alimentation humaine ces préoccupations sont :

- économiques : diminuer ou éviter un gaspillage énorme de protéines
- sociales : le besoin grandissant de protéines avec la démographie en croissance.

Actuellement on a développé la pêche de poissons dits "industriels" qui ne sont pas commercialisables comme aliments directs de l'homme. Ces poissons sont pêchés dans le seul but de fabriquer de tels produits et ne sont donc plus considérés comme faux-poisson, puisqu'ils deviennent recherchés. C'est le cas pour le Pérou (anchois), la Norvège (hareng), les USA (menhaden). Il en va de même avec les espèces nouvellement connues qui, indépendamment de leurs qualités organoleptiques, sont trop petites, très fragiles ou se prêtent mal à une exploitation sous forme traditionnelle (poutassou). La technologie du hachis pourrait apporter une solution à ce problème d'excédents ou de déchets sans toutefois perdre sur les qualités nutritionnelles et le produit est directement consommable par l'homme. Ces poissons, ainsi que le faux poisson, sont filetés, hachés ou passés dans un séparateur d'arêtes puis reconstitués et restructurés.

D'autre part les déchets des industries de transformation peuvent servir à de telles fins. Dans ce cas il importe avant tout que le produit de départ, comme pour toute autre utilisation destinée à l'homme, soit traité dans le plus grand état de fraîcheur. Contrairement aux déchets d'étêtage et d'éviscération qui ne peuvent être orientés que vers la farine pour le bétail, les déchets de filetage, les déchets salés provenant des saurisséries et des déchets cuits des conserveries, peuvent être d'une utilisation rentable. En effet par cette opération on arrive à une production importante. La récupération

de la chair sur les arêtes par exemple, en utilisant un séparateur d'arêtes BAADER 694 est voisin de 55 %. (voir annexe - rendement).

L'opération serait encore plus rentable à bord : les grandes unités, chalutiers congélateurs par exemple, dont l'entrepont est équipé pour la transformation de la pêche en filets surgelés traitent les sous-produits de filetage et fabriquent essentiellement de la farine et des huiles ; or une part importante de ces déchets pourrait être utilisée pour la fabrication de hachis. En effet 3 kg de poissons bruts donnent 1 kg de filets et peut donner 400 g de chair hachée. Il apparaît ainsi que sur l'ensemble des activités mondiales des pêches, plusieurs dizaines de millions de tonnes de matières biologiques sont chaque année extraites de la mer pour y retourner sans être exploitées.

#### C. Evolution des méthodes de traitement et de conservation à bord des chalutiers Européens.

Depuis 1953, date à laquelle le premier bateau-usine entreprit la congélation des prises et la production des filets, il y a eu un accroissement ininterrompu des quantités congelées à bord sur les bateaux de grande pêche. Le poisson peut être congelé entier, vidé, étêté ou en filets. C'est cette dernière présentation qui est actuellement la plus utilisée sur les chalutiers français.

Depuis 1960, des centaines de bateaux ont été construits et équipés avec des appareils congélateurs et des chambres froides pour entreposage. Ils ont remplacé les grands bateaux de pêche faisant des campagnes allant jusqu'à trois semaines et qui débarquaient du poisson de qualité inférieure à celle du poisson congelé.

Le facteur le plus important qui n'entrait guère en ligne de compte aux premiers temps de la congélation à bord est la diversification des espèces pêchées et congelées en raison à la fois du déclin de certaines prises, des restrictions apportées à certaines pêches ainsi que la valeur croissante du poisson.

La recherche est active pour mieux utiliser les prises et pour exploiter davantage des espèces sous-exploitées actuellement.

Malgré le caractère conservateur du consommateur, en URSS, comme ailleurs, c'est ce pays qui a montré la voie en matière d'exploitation de nouvelles ressources. Un des derniers exemples est celui du Krill que l'on rencontre en grandes quantités dans l'Antarctique et qui peut être traité pour donner une pâte riche en protéines. On peut voir dans ces développements certaines indications sur l'évolution future du traitement des poissons de petite taille.

Récemment la Norvège et d'autres pays européens ont marqué beaucoup d'intérêt pour le Poutassou de l'Atlantique Nord. Ce petit poisson, bon pour la consommation humaine, est trop petit pour être transformé en filets. Il a servi à la fabrication de farine de poisson ; mais il est possible de le réserver à la consommation humaine au moyen des machines existant déjà et permettant de détacher la chair des arêtes (ex : Désarêteuse BAADER 694 - 695)

Le problème de qualité se posera toujours, il faudra, dans l'avenir, attacher une importance grandissante à la qualité du poisson et à de bonnes techniques de conservation, compte tenu à la fois de la demande des produits de haute qualité et de la nécessité de réduire les pertes au minimum.

1ère PARTIE

---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### A. Composition chimique.

Un muscle est composé d'unités appelées fibres donnant l'aspect strié au microscope électronique. Elles sont incluses dans une trame de tissu conjonctif. La fibre musculaire est constituée d'une membrane (sarcolemme), de noyaux, de mitochondries, d'appareils de Golgi, d'inclusions de glycogène, d'un reticulum sarcoplasmique et de myofibrilles.

L'unité contractile est la myofibrille (fig. 1) montrant des striations transversales dues à l'exacte superposition des stries Z, des bandes claires I, de bandes sombres A interrompues d'une zone H plus claire au centre avec une strie M au milieu. On appelle sarcomère l'unité contractile comprise entre deux stries Z.

La composition chimique ne diffère pas de celle des animaux supérieurs. L'édifice d'ensemble est dans tous les cas constitué d'enchaînement de composés alimentaires : acides aminés, acides gras....

Cependant la chair de poisson est plus molle que la viande : le volume réduit du tissu conjonctif entre les nappes musculaires, la fragilité avec laquelle elles se gélatinisent, la plus grande hydratation de protéines de poisson (due à la teneur plus élevée en amino-acides et en diacides aminés) expliquent en partie cette laxité.

En moyenne la chair de poisson est constituée de :

66 à 84 % d'eau

15 à 24 % de protéines

0,1 à 22 % de lipides

0,8 à 2 % de sels minéraux.

Toutes ces variations sont dues aux différentes espèces, aux variations individuelles, aux différences anatomiques ou/et physiologiques, au sexe, aux saisons, aux lieux de pêche....



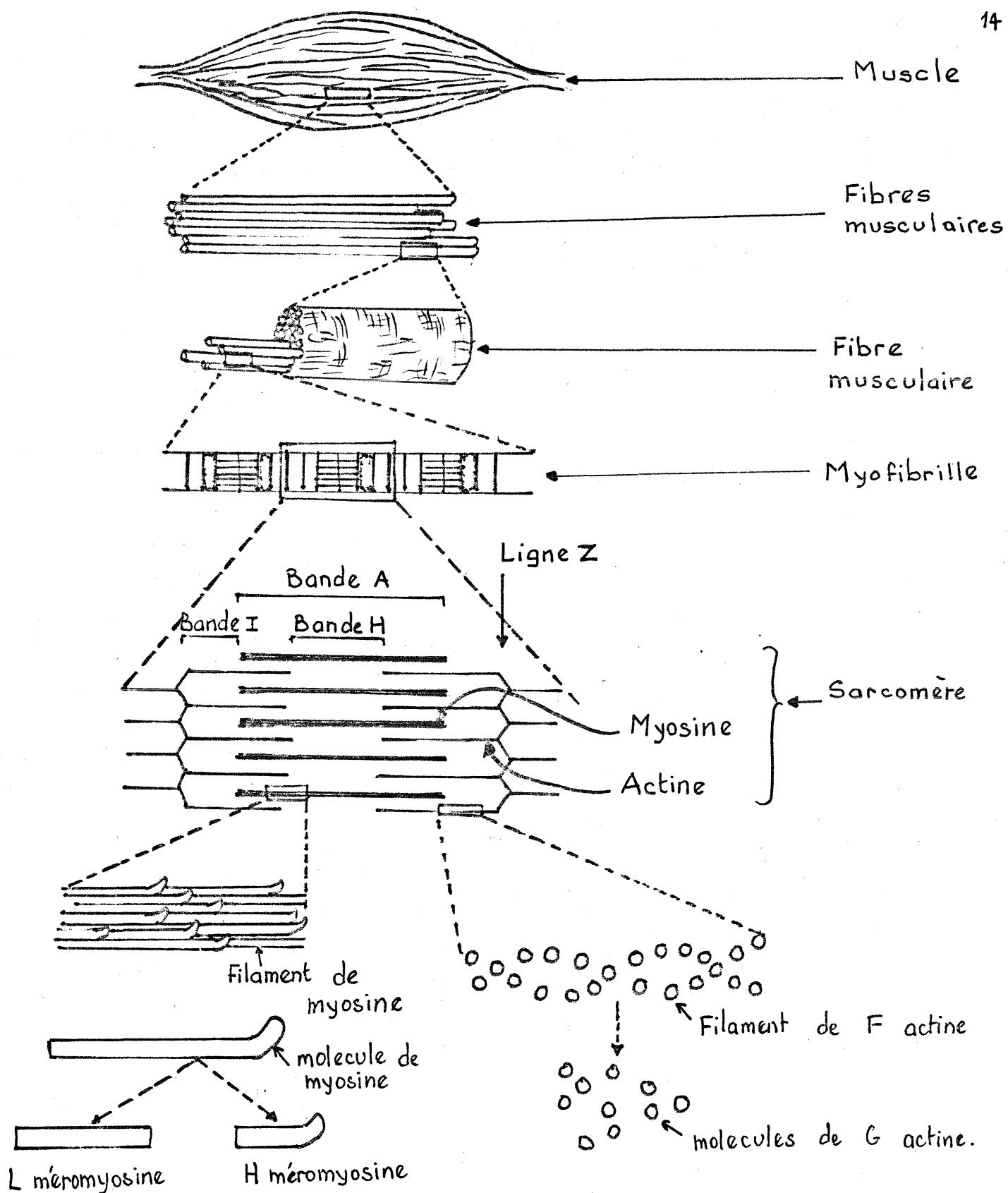


Fig n° 1 : Structure de la fibre musculaire

( LUONG , 1976 )

Nous examinerons surtout les constituants chimiques des muscles qui sont les parties du poisson les plus souvent exploitées.

### I. L'eau.

L'eau totale contenue dans le muscle de poisson peut être classée en 3 fractions :

- a. Eau d'adsorption incongelable
  - . couche monomoléculaire
  - . couche multimoléculaire
  - . eau d'interposition
- b. Eau de constitution.
  - . eau vitale
  - . eau congelable
- c. Eau libre
  - . en excès
  - . eau métabolique.

Cette classification est basée sur les espaces dans lesquels les molécules d'eau peuvent migrer ou se fixer dans le réseau protéique. Elle dépend, alors, des interactions eau - protéines : la molécule d'eau est polaire, certaines acides aminés (acide glutamique, lysine) ont des groupes à charges positives et négatives. La molécule de protéine est plutôt hydrophile ; 4 à 10 g d'eau pour 100 g de protéines sont strictement liés, et forment probablement une couche monomoléculaire autour des groupes polaires (eau liée sensu stricto = couche monomoléculaire). Une quantité d'eau à peu près égale à la première, forme une deuxième couche sur les groupements polaires (couche multimoléculaire) puis 20 à 60 g/100 g de protéines représentent les molécules d'eau localisées d'une manière moins organisée dans les molécules de protéines (eau d'interposition). Ces trois catégories forment l'eau liée sensu lato. La dénaturation des protéines par déshydratation ne concerne que l'eau d'interposition.

La deuxième fraction : l'eau de constitution forme la quantité d'eau immobilisée : les myofibrilles retiennent l'eau en raison de la structure

tridimensionnelle des réseaux de filaments. La quantité d'eau immobilisée va dépendre de l'espace libre entre les filaments. Un recouvrement considérable des filaments d'actine et de myosine en cas de contraction de la fibre fait chuter la capacité de rétention d'eau qui en est tributaire. La relaxation de la fibre par l'action de l'ATP et  $Mg^{++}$  provoque une importante turgescence et en conséquence une immobilisation de l'eau.

L'eau liée ne représente qu'une faible partie des 300 à 360 g d'eau pour 100 g de protéines dans la chair du poisson. La plus grande partie serait apparemment de l'eau libre.

On estime que 70 % de l'eau de la chair fraîche sont localisés dans les myofibrilles, 20 % dans le sarcoplasme et 10 % dans le tissu conjonctif. Les protéines sarcoplasmiques ne contribuent pas toujours significativement à la capacité de rétention d'eau des tissus. Ce sont donc les protéines myofibrillaires qui participent le plus à la rétention d'eau dans la chair et de ce fait régissent plus ou moins sa grande fermeté.

## II. Les protéines.

Le poisson est une source importante de protéines dont le taux et la nature varient très peu. La valeur nutritive est voisine de la viande, du lait et des oeufs. Le poisson contient plus de lysine et de méthionine et moins de tryptophane que la viande.

On distingue en g/100 g de muscles :

. protéines extracellulaires (dites de stroma)....	2 g
. protéines intracellulaires (dites protoplasmiques)	16 g
* fraction myogène hydrosoluble	6 g
- protéines sarcoplasmiques	
albumine - globuline	5,6 g
myoglobine	0,36 g
hémoglobine	0,04 g

- protéines de granulés	0,01 g	
* fraction myofibrillaire peu soluble (dites protéines de structure)		10 g
myosine	6 g	
actine	2,5 g	
tropomyosine	1,5 g	
Divers	0,01 g	
* fraction insoluble du type collagène constituant la strie Z.		
D'après SAINCLIVIER (1979).		

La teneur globale varie de 15 à 24 % de protéines pour une moyenne de 20 %.

a) Protéines extracellulaires.

Insolubles dans les solutions salines.

Il existe une grande corrélation entre la fermeté des muscles et l'abondance des protéines extracellulaires, en effet, le collagène est le constituant essentiel du tissu conjonctif qui contient la plus grande partie de l'eau libre.

b) Protéines intracellulaires.

b.1. Fraction myogène hydrosoluble.

Elles sont solubles dans des solutions à faible force ionique ( $\mu = 0,25$  à  $0,1$ ) ou même l'eau.

b.2. Fraction myofibrillaire.

Soluble dans les solutions de force ionique élevée ( $\mu = 0,6$  à  $3$ ). Elles sont plus difficilement extractibles que leurs homologues des mammifères en raison des liaisons plus faciles qu'elles forment en milieu neutre. La myosine et l'actine porteraient des radicaux  $\text{NH}_2$  et surtout  $\text{CO}_2\text{H}$  libres.

III. Fraction azotée non protéique.

Elle représente 9 à 18 % (Téléostéens) de l'azote total à 30 % (Elasmobranches). C'est la partie qui serait responsable de la saveur.

L'oxyde de triméthylamine a retenu l'attention, sa réduction en triméthylamine par des enzymes bactériennes et un indice d'altération. Le taux naturel de TMA dans le muscle blanc est de 0,2 mg/100 g et dans le muscle rouge de 3 mg/100 g. La composition de cette fraction est caractéristique de chaque espèce.

#### IV. Les lipides.

La teneur en matière grasse varie selon les espèces, le régime alimentaire, la température, la salinité, la saison, le sexe, le lieu de pêche.... Les poissons maigres contiennent moins de 3 % (églefin, daurade, merlu, truite, sole....) ils fixent électivement les matières grasses dans le foie (exemple : morue : foie 58 % de matière grasse et 0,5 % dans le muscle). Les 2/3 des lipides totaux sont intracellulaires et sous forme de phospholipides liés aux protéines.

Les poissons gras contiennent plus de 8 % de matière grasse (sardine, maquereau, saumon, thon, anguille...). Ici la matière grasse est extracellulaire essentiellement des triglycérides, beaucoup moins de phospholipides. Une grande part est localisée sous la peau (lipides de dépôt), l'autre part est dispersée entre les fibrilles du muscle blanc, mais intracellulaire dans le muscle rouge.

La matière grasse de poisson s'oxyde facilement puisqu'il y a une large distribution d'acides gras insaturés et que le degré d'insaturation est élevé.

#### V. Glucides.

Une glycolyse active masque la présence des glucides dans le muscle. Il n'y a guère plus que 1 % de glycogène sauf chez les crustacés et mollusques qui peuvent contenir de 5 à 8 %.

Si la capture est mouvementée, le poisson fatigue. Il ne reste que peu d'oxygène disponible, la glycogénolyse est déjà intense et dès la mort la teneur en acide lactique (provenant du glycogène) est élevée. Après la mort, il n'y a plus d'oxygène et la glycogénolyse se produit.

## VI. Matières minérales et vitamines.

Le poisson est riche en calcium, les espèces marines sont riches en NaCl, pauvres en phosphates de potassium (le contraire pour le poisson d'eau douce). La teneur en iode varie selon les lieux de pêche (les teneurs les plus élevées sont en Méditerranée).

La chair de poisson gras contient surtout les vitamines liposolubles A et D.

### B. Modifications du poisson dues à la congélation.

#### I. Processus de congélation.

L'abaissement de température exige l'extraction de chaleur dite sensible. Le changement d'état physique (liquide à solide) exige l'extraction d'une quantité beaucoup plus grande de chaleur dite chaleur latente mais cette fois sans changement de température. Une nouvelle extraction abaisse la température du poisson congelé.

A la décongélation l'eau ne réimbibe que partiellement, il y a une exsudation plus ou moins importante. A l'état congelé les phénomènes biochimiques sont généralement ralentis et la croissance bactérienne est arrêtée. La congélation comporte trois phases :

1. la température du poisson s'abaisse jusqu'à une température dite de congélation commençante inférieure à celle de formation de cristaux de glace. Il y a surfusion.

2. Lors de la formation des premiers cristaux de glace, la température du poisson remonte, se maintient un certain temps à peu près constante (de 0°C à 5°C) zone dite d'arrêt thermique ou pallier de cristallisation. Une importante quantité d'eau est cristallisée à ce moment (50 % de la totalité). Dans les liquides résiduels les solutés se concentrent.

3. La température du poisson s'abaisse encore jusqu'à  $-18^{\circ}\text{C}$  et moins. Vers  $-20^{\circ}\text{C}$  la proportion d'eau congelée atteint de 90 à 96 % de l'eau congelable selon l'espèce de poisson.

La phase résiduelle se concentre encore plus d'où l'abaissement de sa température de congélation (Loi de Raoult : l'abaissement cryoscopique "T° de congélation" est inversement proportionnel à la fraction molaire d'eau dans la solution).

Lorsqu'un des éléments en solution atteint la saturation il y a cristallisation simultanée de la glace et de cet élément qui ont formé un mélange dit eutectique. Les mélanges eutectiques successifs cristallisent à leur tour.

Il est à remarquer que la quantité d'eau incongelable (l'eau d'adsorption) représente 390 g/kg de matière sèche. Le poisson congelé devient rigide, sa coupe paraît cireuse. Théoriquement, à cet état le poisson se trouve à l'abri des principales altérations. En fait, l'idéal n'est jamais atteint. Aux températures compatibles avec l'exploitation industrielle, il reste toujours une phase liquide imperceptible mais suffisante pour permettre les échanges et les réactions chimiques, d'où une modification du milieu (SOUDAN).

Si le but assigné à la congélation est de conserver le matériel biologique de manière à ce qu'il recouvre son état primitif par réchauffement, la réussite dépend étroitement des états d'équilibre successifs solide/liquide qui seront réalisés pendant la congélation, l'entreposage et la décongélation.

## II. Modifications observées .

Les colorations anormales sont assez fréquentes ; outre le sang extravasé, la myoglobine est oxydée en méthémyoglobine brune ; sous l'effet cumulé du rancissement, elle devient verdâtre. La couleur se développe en surface et évolue avec le temps vers l'intérieur. Les pigments caroténoïdes de la série xanthine s'oxydent en jaune (SAINCLIVIER).

L'oxydation des lipides est un des principaux facteurs limitant la durée de conservation à température négative. Elle est rapide parce que les lipides sont très insaturés et la myoglobine catalyse l'oxydation. Celle-ci est encore plus élevée dans les muscles rouges qui contiennent plus de myoglobine.

L'oxydation est rapide à  $-18^{\circ}\text{C}$  il faut descendre à  $-30^{\circ}\text{C}$  pour assurer une conservation de 4 à 5 mois (SAINCLIVIER). A la suite de cette dégradation, des odeurs désagréables apparaissent. Des saveurs étrangères, variables avec l'espèce, souvent rances ou amères deviennent perceptibles. SAINCLIVIER attribue ces défauts à la présence de Cis - 4 - heptanal, phospholipides, acides gras polymérisés en faible concentration.

La saveur d'un poisson selon le même auteur est liée à la fraction non protéique qui caractérise l'espèce. L'oxyde de TMA étant le composé essentiel de cette fraction, il se réduit en TMA et DMA. Le dosage de ces derniers donne une idée à la fois sur le degré d'altération du poisson et la dénaturation des protéines.

### III. Modifications de texture.

Les progrès de la technique permettent d'obtenir aujourd'hui un poisson congelé de très bonne qualité. Cependant, après congélation, il n'est pas absolument identique au poisson frais. Il a souvent une chair plus translucide que la normale, il s'humidifie facilement en surface sous une légère pression, sa saveur spécifique est affaiblie. S'il a été congelé dans de mauvaises conditions, ou a été gardé trop longtemps, il a perdu toute saveur propre ; sa chair molle et sans résistance à l'état décongelé devient dure après cuisson, elle donne l'impression d'une masse sèche, fibreuse, imbibée d'eau au lieu d'être le mélange onctueux habituel (SOUDAN). L'origine exacte de ces défauts est mal connue.

#### a) Durcissement.

Le durcissement des tissus serait dû à plusieurs causes. Parmi elles, on cite :

- la diminution des intervalles entre les myofilaments et celle de leur diamètre résultant de la déshydratation de la fibre musculaire par migration de l'eau intracellulaire (SAINCLIVIER).



Ce durcissement s'accompagne d'une insolubilisation des protéines (dénaturation : déplissement par déshydratation) dans une deuxième phase on observe une isomérisation de l'actine liée à la myosine qui passe de l'actine F (fibrillaire) à la forme G (globulaire).

Dans le complexe G actomyosine, il y a rupture des liaisons actine-actine sous l'action de l'ATP ou d'une forte concentration de solutés (SAINCLIVIER).

De nouvelles liaisons entre molécules protéiques, plutôt que leur dénaturation seraient la cause de l'augmentation de la dureté de la chair (ROUSSET et Al.).

Certains auteurs pensent, toutefois que le durcissement serait plutôt l'oeuvre des aldéhydes et des radicaux libres intermédiaires libérés par l'autooxydation des lipides plutôt que dû à l'action des acides gras libres.

#### b) L'exsudation.

La définition de l'exsudat est différente d'un auteur à un autre.

MIYAUCHI propose 4 définitions :

- exsudat libre
- exsudat sous pression ou par centrifugation
- exsudat à la décongélation
- exsudat à la cuisson.

Dès l'état frais, le muscle soumis à une légère pression laisse échapper un suc en quantité variable suivant la nature, l'individu et surtout l'état de dégradation : exsudat sous pression.

Le poisson réfrigéré entreposé perd du poids même sans pression : exsudat libre.

Après congélation - décongélation, l'exsudat augmente (exsudat à la décongélation) mais si irrégulièrement qu'il est difficile d'en définir les causes. La lenteur de la décongélation, la température d'entreposage, sa durée, la vitesse de décongélation sont des facteurs influençant cette exsudation (SOUDAN).

Enfin, après cuisson, le poisson perd une certaine quantité d'eau. Cette exsudation, due à la coagulation des protéines est particulièrement visible lorsque l'on cuit le poisson à sec, pour effectuer des tests organoleptiques par exemple.

En congélation lente l'exsudation augmente et cela vient du fait que de gros cristaux de glace se forment et perforent les parois cellulaires ou les éclatent sous la pression ou tout au moins ils représentent une masse liquide trop importante pour pouvoir être réabsorbée facilement par les fibres protéiques déshydratées qui subsistent entre ces cristaux. (SOUDAN).

En égard de cette théorie, on insiste sur la dénaturation des protéines qui diminue leur capacité de rétention d'eau; le liquide interstitiel plus ou moins enrichi de liquide intracellulaire n'est plus associé normalement au tissu et s'écroule. Ni l'une ni l'autre de ces deux hypothèses ne peut expliquer à elle seule ce phénomène.

Les modifications de structure (durcissement, chair translucide et molle, apparence sèche et fibreuse, exsudation...) dépendent de plusieurs facteurs : espèce de poisson, état physiologique, congélation avant ou après rigor mortis, vitesse et mode de congélation, conditions d'entreposage, décongélation....

#### C. Dénaturation des protéines dans le poisson congelé.

Le terme de "dénaturation" désigne un changement de nature apparent des protéines qui reste assez confus. La dénaturation ne peut se dissocier du changement de solubilité, de la perte d'élasticité, de l'inaptitude à retenir l'eau ou du comportement enzymatique.

La dénaturation porte sur les différentes protéines et dépend de plusieurs facteurs : état de fraîcheur, conditions de congélation, d'entreposage et de décongélation.

#### I Comportement des diverses protéines (ROUSSET et al.).

- Protéines du tissu conjonctif : collagène, élastine, réticuline. Elles semblent peu modifiées : si l'on note une légère dépolymérisation de

ces molécules, ce phénomène n'est pas assez important pour modifier la tendreté du produit final.

- Protéines sarcoplasmiques.

La dénaturation est appréciée de différentes manières, mais plus particulièrement par la variation de leur solubilité. Les protéines dénaturées sont moins solubles, donc plus difficilement extractibles.

- Protéines myofibrillaires.

Leur extractibilité dans les solutions salines diluées diminue avec le stockage en congélation. Ce sont l'actine, la myosine, la tropomyosine et les composés mineurs non identifiés. Le plus souvent on extrait un complexe acto-myosine. Pendant le stockage, la dénaturation se traduit par une perte d'activité enzymatique de l'ATPase myofibrillaire.

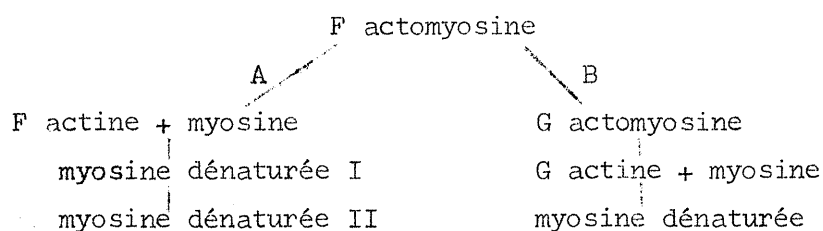
## II. Mécanisme de la dénaturation des protéines.

La perte de l'affinité des protéines myofibrillaires avec l'eau implique une modification dans la structure secondaire et tertiaire des protéines. Les facteurs physiques tels que le pH, l'activité de l'eau, la concentration de sels dans la phase liquide résiduelle du muscle ne suffisent pas à expliquer le phénomène de dénaturation dans le poisson congelé.

Certains auteurs pensent qu'il faut attribuer l'augmentation de la dureté des poissons congelés à la formation de nouvelles liaisons entre les molécules protéiques plutôt qu'à leur dénaturation.

On pense qu'il peut se former de nouvelles liaisons actine-actine, myosine-myosine mais aussi myosine-actine.

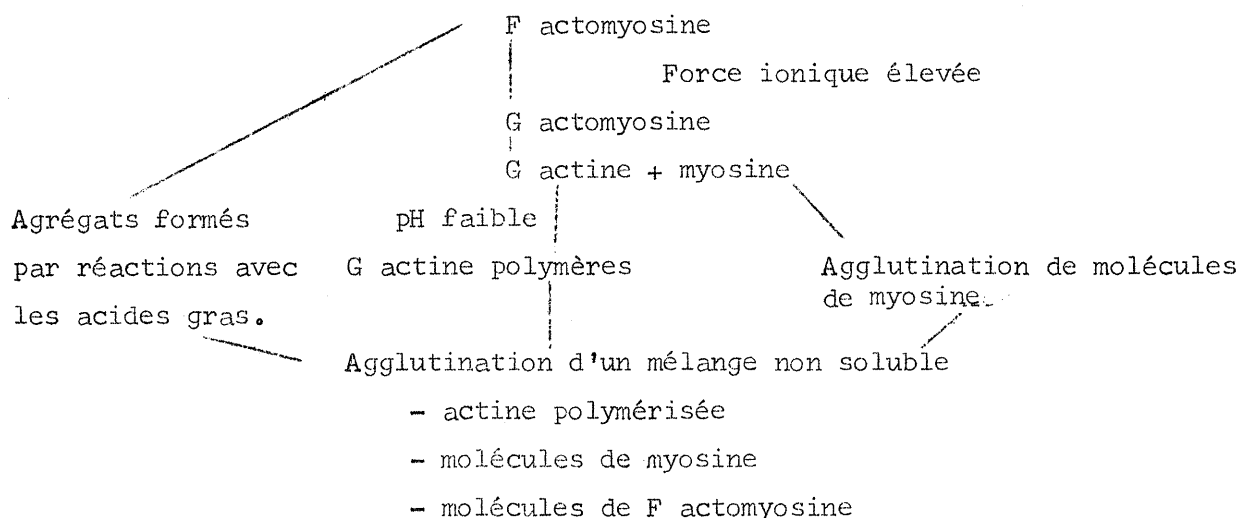
Le complexe F actomyosine subit une dissociation dans une solution saline concentrée. Il est possible que dans le muscle congelé la F actomyosine subisse une telle réaction. Plusieurs schémas de dissociation ont été proposés.



d'après J.J. CONNELL (ROUSSET et al.).

La G actomyosine, complexe de poids moléculaire inférieur à celui de la F actomyosine se forme par rupture de certains nombres de liaisons actine-actine. La myosine dénaturée I est extractible par une solution saline, elle ne réagit pas avec l'actine, elle n'a pas de propriété ATP asique. Par contre la myosine II n'est pas extractible par une solution saline.

KING propose un autre schéma pour cette dissociation (SIKORSKI).



Cependant, des preuves existent selon lesquelles certaines réactions chimiques ont lieu lors de la dénaturation de ces protéines. Ces réactions sont de deux types :

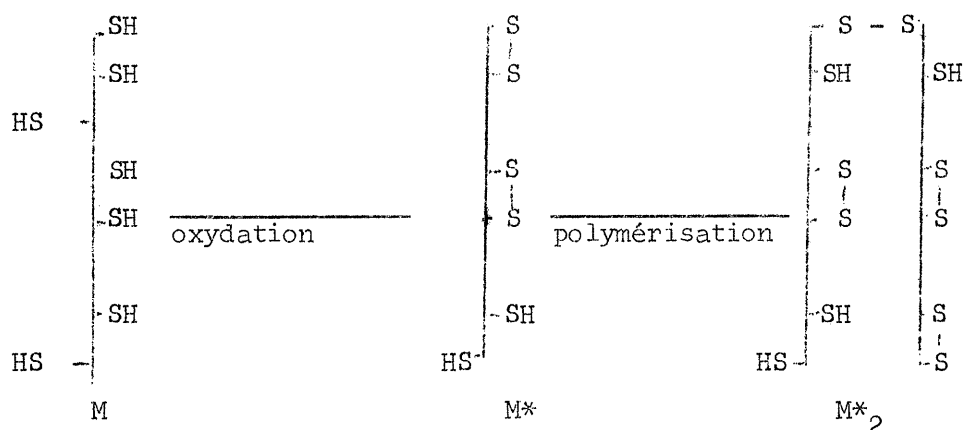
a) réactions impliquant les groupessulfhydriles et/ou disulfures des protéines

Ce sont des réactions catalysées par le  $\text{Fe}^{++}$  et le  $\text{Cu}^{++}$ .

Elles peuvent s'opérer à l'intérieur d'une molécule de protéine ou entre deux molécules avec pour effet dans ce dernier cas une polymérisation des protéines.

Dans un premier stade la myosine s'oxyde avec formation de groupes S-S.

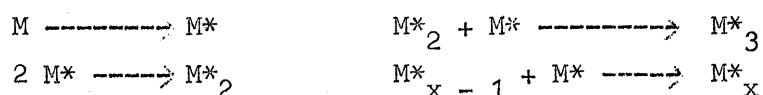
La molécule résultante (avec des ponts intramoléculaires S S.) se polymérise sans diminution de groupes SH libres comme le montre le schéma suivant.



d'après BUTTKUS cité par SIKORSKI

./.

ultérieurement les agrégats suivants se forment



Dans un deuxième stade on observe une isomérisation de l'actine liée à la myosine qui passe de l'actine F (fibrillaire) à la forme G (actine globulaire). Dans le complexe G actomyosine, il y a rupture des liaisons actine-actine sous l'action de l'ATP ou d'une forte concentration de solutés. Dans le muscle congelé, l'actine reste extractible, dans des conditions qui diminuent l'extractibilité globale des protéines myofibrillaires. On suppose qu'elle n'est pas dénaturée.

L'extractibilité de la myosine diminue au cours du stockage ; elle perd son activité ATP asique : la myosine a vraisemblablement subi une dénaturation.

b) Réactions impliquant les groupes aminés, guanidine, indole et imidazole des protéines.

Ces groupes ionisables à divers degrés, constituent en premier lieu des sites de fixation des acides gras libres provenant de l'hydrolyse des lipides dans le muscle de poisson avant ou pendant l'entreposage à l'état congelé. C'est une réaction icnique qui a pour résultat de diminuer le caractère hydrophile des protéines. Ces groupes constituent aussi les sites de fixation des aldéhydes, en particulier, le formaldéhyde et le malonaldéhyde qui proviennent respectivement du clivage enzymatique de l'oxyde de triméthylamine et de l'oxydation des lipides du poisson.

Les réactions avec le formaldéhyde et les dialdéhydes entraînent la formation de liaisons covalentes entre deux molécules de protéine et donc leur polymérisation. Elles pourraient aussi causer une altération dans la structure secondaire de protéines parce que les groupes amides, amines libres, guanidines, indoles et imidazoles participent à la formation de liaisons hydrogènes, liaisons responsables de la structure secondaire des protéines.

### III Influence des différents traitements technologiques sur l'intensité du processus de dénaturation.

La dénaturation est liée au fait que la quantité d'eau du muscle diminue

lors du changement d'état eau/glace. Cette déshydratation intervient de deux façons :

- en supprimant l'eau de constitution des protéines,
- en augmentant la force ionique de la solution au contact de laquelle se trouvent les protéines.

La cristallisation de l'eau a aussi un effet mécanique et peut provoquer la formation ou la rupture des liaisons entre filaments d'actine et de myosine.

#### a) Etat de fraîcheur et vitesse de congélation.

Des recherches faites par SOUDAN sur 12 téléostéens et une raie montrent que :

- la dénaturation est toujours plus forte sur le filet que sur le poisson de même origine.

Elle est plus forte si le poisson est congelé post rigor plutôt que pré rigor.

Les travaux de AMANO<sup>1</sup> et Coll en 1955 indiquaient que la myosine se dénaturerait moins si le poisson était congelé en possession de toute sa réserve glucidique. De même DYER<sup>2</sup> a constaté que l'actomyosine extractible diminue dans le poisson congelé quand le séjour préalable en glace se prolonge. Ainsi SHEWAN et Coll<sup>3</sup> situent la limite de dégradation compatible avec une congélation satisfaisante à 3 jours de conservation dans la glace pour des poissons comme la morue. RODGER montre qu'avant la congélation, le hachis provenant de poissons gardés 20 jours en glace perd 40 % des protéines par rapport à celui des poissons gardés 5 jours seulement. L'état physiologique du tissu au moment de la congélation que nous résumons à l'apparition du rigor mortis n'apparaît pas comme un facteur déterminant à lui seul la dénaturation des protéines après congélation.

Bien qu'en post rigor mortis les espaces intercellulaires sont plus volumineux qu'en pré rigor, SAINCLIVIER insiste sur la vitesse de congélation. Cette vitesse détermine la taille des cristaux de glace, leur répartition et permet la localisation des zones de concentrations de sels.

Ce facteur est sujet à plusieurs controverses.

REAY<sup>4</sup> concluait que cette vitesse n'a pas d'influence significative sur le taux d'extraction des protéines.

LOVE<sup>5</sup> reprend cette étude et affirme que cela n'est vrai qu'en cas de décongélation immédiate. Il n'en est plus de même si le poisson est entreposé pendant plusieurs semaines avant décongélation. Il trouve que la dénaturation est minimale dans deux cas extrêmes : en cas de congélation très lente et congélation rapide. Pour expliquer ces observations, il admet que les protéines sont dénaturées au contact des solutions concentrées de sels inorganiques du milieu. Ainsi en congélation rapide les cristaux de glace sont formés aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des cellules. Ces cristaux sont très fins et forment un réseau délimitant de petites aires de concentrations de sels isolées des protéines intracellulaires réparties le long de la membrane qui se trouvent à l'abri et sont peu dénaturées.

Quand la congélation est lente la glace se forme extérieurement aux cellules et déshydrate les protéines. L'eau diffuse à travers la membrane pour rétablir l'équilibre d'hydratation. Pour expliquer que les protéines soient peu endommagées dans ce cas, LOVE<sup>5</sup> suppose que les sels diffusent en même temps que l'eau. Au contraire SOUDAN remarque que l'effet mécanique de rupture de la membrane cellulaire est remarquable à congélation lente et préfère ainsi la vitesse rapide. ROUSSET et al. se basant sur le taux de protéines dénaturées ont trouvé plus avantageux la vitesse lente, mais dans la pratique industrielle la vitesse rapide est la plus utilisée.

#### b) Température et durée de stockage.

Quelle que soit la température, la dénaturation augmente avec la durée de conservation en raison de la réorganisation constante des cristaux de glace qui croissent aux dépens des matières hydratées avoisinantes.

ROUSSET et al, REAY,<sup>4</sup> SOUDAN situent le maximum de dénaturation pour une température de stockage comprise entre - 1° et - 5°C.

C'est ainsi qu'il faut franchir cette zone assez rapidement à la décongélation.

SOUDAN explique la croissance de l'intensité de dénaturation avec le temps de stockage par le fait que la glace déjà formée a un pouvoir déshydratant aussi efficace à - 50°C que l'anhydride phosphorique se développe aux dépens de l'eau liée du colloïde.

c) Composition chimique du milieu.

Ce facteur est de grande importance. En effet certaines substances réduisent l'insolubilisation des protéines.

- Certains acides aminés (aspartate, cystine)
- Glutamate de sodium très efficace à une concentration de 0.025 M dans une solution de KCl 0.6 M (ROUSSET)
- les acides dicarboxyliques
- sucres tels le sorbitol, le saccharose, mannitol....

D'autres favorisent la dénaturation des protéines (ROUSSET et al) ont montré que les acides gras à courte chaîne libérés pendant la congélation réagissent avec l'actomyosine.

Les aldéhydes formés par l'autooxydation des lipides insaturés sont encore plus réactifs.

Selon les mêmes auteurs l'acide caproïque et le propanol sont les plus réactifs : ils augmentent considérablement l'insolubilisation des protéines mais en présence de phospholipides l'acide caproïque n'agit pas sur l'actomyosine.

Certains auteurs considèrent que ce sont toujours les aldéhydes et les radicaux intermédiaires libérés par autooxydation des lipides qui interviennent et non les acides gras eux-mêmes.

L'urée a un effet accélérateur de la dénaturation des protéines.

ROUSSET et al, opérant sur du muscle de poisson frais ne notent pas de dénaturation à faible quantité d'urée. Mais au moment de la congélation la cristallisation de l'eau provoque une concentration de l'urée, ce qui expliquerait l'effet dénaturant de l'urée initialement en petite quantité.

Les sels minéraux.

Les différences de composition saline entre les espèces de poissons pourraient contribuer à leur tendance plus ou moins marquée à la dénaturation car la dénaturation dépend à la fois des ions et de leurs associations qui détermine le point d'eutexie. D'après SNOW (1950) cité par SOUDAN, un sol d'actomyosine dans des solutions de chlorures à 5 ou 10 % congelé à - 24°C est dénaturé immédiatement à 90 % dans  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , très progressivement par  $\text{NaCl}$  et d'une manière insignifiante par  $\text{CaCl}_2$  ou  $\text{MgCl}_2$  (10 %) après 3 mois de



conservation. La dénaturation dépend alors du point d'eutexie des sels (CONNELL). Cité par SOUDAN.

Ainsi SNOW avait démontré que la dénaturation n'intervient qu'après le point d'eutexie en travaillant sur des sulfates, des phosphates et des nitrates alcalins et alcalino-terreux. (SOUDAN)

#### D. Cas du poisson haché.

Les problèmes de qualité qui se présentent dans la conservation des filets congelés, se trouvent dans ce cas amplifiés. Les raisons en sont diverses :

- brassage des divers constituants du poisson
- destruction de l'édifice cellulaire,
- exsudation importante,
- augmentation de la surface de contact avec l'oxygène de l'air...

En effet, les fractions d'organes physiologiques subsistant après l'éviscération se trouvent mêlés intimement à la chair augmentant de ce fait les contacts enzymes-substrats et favoriser de façon générale tous les phénomènes chimiques impliqués dans la dénaturation des protéines. Par exemple, dans le cas des gadidés, le broyage permet la dispersion d'une enzyme localisée dans le poisson rond près de l'arête dorsale responsable du clivage de l'oxyde de triméthylamine en diméthylamine et formaldéhyde.

La répartition uniforme de cette enzyme dans la chair hachée va favoriser son activité.

Cette dénaturation croît avec le degré de transformation de la chair selon l'ordre suivant : poisson rond, filets, chair hachée, chair homogénéisée. A.J. BORDEKIAS et al. montrent qu'au bout de 255 jours l'entreposage à - 20°C de truite entière, de filets et de hachis la solubilisation des protéines atteint son minimum.

- 60 % du taux initial de protéines solubles le restent dans le cas des filets et des truites entières,
- 50 % dans le cas du hachis.

En broyant de plus en plus finement, l'édifice cellulaire se détruit davantage. La destruction de cet édifice entraîne une perte d'eau qu'on pourrait empêcher par l'adjonction de rétenteurs ou liants d'eau. Cette eau, si elle s'écoule, va entraîner avec elle par lessivage tous les composés hydrosolubles. Le lessivage entraîne une perte de saveur.

Le hachis obtenu est plus ou moins pâteux, la chair de poisson assez tendre va perdre sa structure initiale. L'addition de texturisants serait profitable pour retrouver la texture de la chair de poisson.

En outre, la surface de contact avec l'oxygène de l'air augmente avec le hachage. La conséquence immédiate est une oxydation plus ou moins intense. Cela entraîne une rancidité et l'apparition de nouveaux composés (malonalaldéhyde) susceptibles d'amorcer la dénaturation des protéines.

D'un point de vue chimique, la composition du hachis est comparable à celle de chairs des matières premières utilisées.

#### E. Cryoprotecteurs.

##### Introduction.

Compte tenu de l'évolution économique et sociale de la consommation alimentaire, la mise au point d'aliments aptes à un stockage prolongé est devenue un objectif prioritaire dans le développement des produits nouveaux. Le technologue de l'industrie alimentaire cherche donc à stabiliser la qualité originelle des produits au cours du temps. Pour cela il faut maîtriser les différents processus de dégradation : développement des microorganismes, réactions chimiques, réactions enzymatiques, altérations de la texture.

Il est possible d'agir sélectivement sur chacun de ces phénomènes en jouant sur les paramètres habituels de la physicochimie : température, pH, potentiel redox, utilisations d'inhibiteurs spécifiques.

Un des moyens privilégiés pour conserver les produits alimentaires consiste à modifier la disponibilité de l'eau, généralement interprétée en terme de l'activité de l'eau ( $a_w$ ). En effet, l'eau joue un rôle essentiel dans le développement de diverses réactions et la diminution de son activité conduit en général à une limitation des processus de dégradation.

Ainsi, la stabilité des produits congelés résulte à la fois de l'abaissement de la température et du blocage d'une fraction de l'eau sous forme de glace. On peut aussi extraire du produit, par séchage, la fraction d'eau la plus disponible, on obtient un produit concentré et relativement stockable mais qui nécessite une réhydratation avant consommation.

Il est évident que lorsqu'on parle de chair de poisson congelé, la détérioration de la texture après une certaine période d'entreposage est un phénomène attendu. Le changement de texture est dû à la dénaturation des protéines et pose un grand problème dans le cas du poisson haché. En effet, à la décongélation le poisson perd une quantité accrue d'eau. C'est un abaissement d'affinité avec l'eau qui n'est pas la seule cause de cette dénaturation mais il y a aussi la polymérisation des protéines.

Pour pallier ces inconvénients d'entreposage à température négative l'usage des cryoprotecteurs pourrait être bénéfique. Ces cryoprotecteurs peuvent agir à différents niveaux ; selon leur spécificité. Ils atténuent, par leur effet de dilution, l'accélération des réactions chimiques à la suite de la concentration des réactifs dans la phase liquide résiduelle dans le système congelé.

Ils inhibent, retardent ou interfèrent avec les réactions susceptibles de dénaturer les protéines telles que

- . les réactions des protéines avec les aldéhydes,
- . les réactions des groupes sulfhydriles et/ou disulfures.

Ils améliorent la fonctionnalité des protéines du muscle de poisson.

Ils forment des gels stables en absorbant d'énormes quantités d'eau.

## II. Classification des cryoprotecteurs.

### 1. Cryoprotecteurs "universels".

Ce sont des substances qui, grâce à leur solubilité dans l'eau à basse température, contribuent à maintenir une phase liquide résiduelle relativement importante dans le système congelé. Ces cryoprotecteurs atténuent

par leur effet de dilution l'accélération des réactions chimiques à la suite de la concentration des réactifs dans la phase liquide résiduelle dans le système congelé. L'effet cryoprotecteur est ici lié à l'osmolarité totale du système et pour cette raison, toutes les substances neutres (non réactives) se comportent comme des cryoprotecteurs au dessus de leur point cryohydratique (point eutectique d'un mélange aqueux.) En pratique, l'effet des substances ionisables se complique par leur action solubilisante ou précipitante "Salting-Out" sur les protéines myofibrillaires. D'autre part, l'effet cryoprotecteur n'est pas toujours proportionnel à la concentration molaire dans le sens classique du terme. Certaines macromolécules exercent un effet cryoprotecteur qui serait une fonction directe de leur capacité de former des liaisons hydrogènes.

De telles substances possèdent la propriété d'abaisser le point de fusion d'une manière plus importante que ne laisserait supposer leur concentration molaire dans une solution aqueuse. Elles tendraient aussi à stabiliser la structure de l'eau autour de leurs molécules.

## 2. Cryoprotecteurs spécifiques.

Comme la dénaturation des protéines dans le poisson congelé peut être induite par des réactions diverses, toute substance susceptible d'interférer, retarder, inhiber ces réactions pourrait être considérée comme cryoprotecteur spécifique.

### a) Réactions de groupes sulfhydriles et/ou disulfures.

S'il est concevable en pratique de bloquer tous les groupes SH/SS des protéines du muscle de poisson, il est possible par contre, d'agir au niveau des substances qui catalysent ces réactions, à savoir, les ions métalliques,  $Fe^{++}$  et  $Cu^{++}$ . Ainsi toute substance qui précipite ou séquestre efficacement ces métaux aurait un effet cryoprotecteur sur la dénaturation des protéines (par exemple : sulfure, citrate, phosphate...).

### b) Réactions des protéines avec les aldéhydes.

Il est évidemment possible de protéger tous les groupements fonctionnels des protéines susceptibles d'être attaqués par le formaldéhyde et le

malonaldéhyde. C'est à dire pratiquement tous les groupes comprenant un atome d'azote. L'effet anti-dénaturant observé dans le cas des acides cétoniques provient autant de la protection de ces groupes que de la modification de la fonctionnalité des protéines.

Par ailleurs, il serait possible de trouver des substances qui récupèrent et fixent les aldéhydes au fur et à mesure de leur formation (par exemple, le bisulfite de sodium).

### 3. Agents capables d'améliorer "la fonctionnalité" des protéines du muscle de poisson.

L'interaction des molécules protéiques entre elles et avec le milieu aqueux dépend fortement du pH et de la forme ionique du milieu. En général, la dispersion des protéines est favorisée par une élévation du pH dans l'intervalle de  $\text{pH} > 5$  et pour un accroissement de la force ionique dans l'intervalle  $0 < \mu < 2$  ce qui explique l'amélioration de texture du poisson par la présence de sels neutres ou légèrement basiques. Le cas du pyrophosphate est particulier, en ce sens qu'il favorise en outre, la dissolution de l'actomyosine par une réaction spécifique. Moins spécifique serait l'effet du glutamate qui, en réagissant uniquement avec les protéines, modifie la balance de leurs charges électriques.

Le cas des acides cétoniques déjà mentionnés, est semblable à celui du glutamate excepté que la liaison entre les acides cétoniques et les protéines est une liaison covalente, bien que plus ou moins réversible.

### 4. Agents texturisants.

Certaines substances macromoléculaires sont capables d'absorber plusieurs fois leur poids d'eau et former des gels stables. C'est le cas des polysaccharides et des protéines. Sans améliorer la fonctionnalité des protéines du poisson congelé, elles pourraient corriger utilement sa texture lorsqu'elles y sont ajoutées.

### III. Mécanisme d'action de divers cryoprotecteurs.

Certains additifs peuvent dans certaines conditions diminuer la détérioration des aliments pendant l'entreposage, la congélation et la décongélation. Nous citons :

#### 1. Les polyphosphates.

Les phosphates sont admis comme des agents hydratants en technologie alimentaire. LUONG indique que les phosphates augmentent la capacité de rétention d'eau, réduisent l'exsudation à la décongélation et retardent l'insolubilisation des protéines musculaires.

SAINCLIVIER suggère que le mécanisme d'action des phosphates serait dû à une relation entre la solubilité de l'actomyosine et la capacité de rétention d'eau des tissus. Les polyphosphates sont de bons solubilisants par une action similaire à celle de l'ATP sur l'actomyosine. En scindant les liaisons actine-myosine ils augmentent l'espace entre les filaments et la force ionique autour des filaments d'où une capacité de rétention d'eau augmentée, peu de perte de poids à la décongélation et une chair moins dure.

LUONG explique l'influence des phosphates par l'élimination des ions tel que le  $\text{Ca}^{++}$  et le  $\text{Mg}^{++}$  du muscle par précipitation, séquestration ou échange ionique.

Sur cette même hypothèse d'autres auteurs cités par LUONG suggèrent que les polyphosphates coupent les liaisons entre les protéines et les cations bivalents, ce qui permet d'augmenter l'immobilisation de l'eau.

NOGUCHI et MATSUMOTO, faisant leurs expériences in vitro sur des extraits d'actomyosine dans une solution de KCl 0,6 M qu'ils ont entreposé à - 30°C jusqu'à 7 semaines ont trouvé les résultats suivants :

- Na - Pyrophosphate conservé après 4 semaines - 68,8 % de protéines solubles par rapport au taux initial avant congélation et 62,5 % après 7 semaines.

L'extrait non traité aux phosphates (contrôle) garde 68,8 % après 4 semaines et 51,8 % après 7 semaines.

Seul le triphosphate de sodium a un effet positif. car il conserve 78,7 % après 4 semaines et 66,7 % après 7 semaines.

## 2. Les polyalcools.

Un moyen de maintenir l'hydratation consiste à introduire dans le milieu cellulaire des substances qui forment des hydrates difficilement cristallisables aux températures usitées : polyalcools (glycol, glycérol, sorbitol...).

Les travaux de LOVE en 1962 cité par LUONG ont montré que le glycérol diminue la fraction d'eau transformée en glace dans le tissu congelé et probablement le processus de dénaturation. SOUDAN en 1965 confirme cette hypothèse en montrant que l'effet cryoprotecteur de ces substances viendrait de ce qu'elles lient une partie de l'eau (3 molécules d'eau pour 1 molécule de Glycérol) et, en diluant les solutions salines, abaissent la température à laquelle celle-ci atteignent une concentration préjudiciable aux protéines. Par ailleurs, elles favorisent la surfusion et lors de la solidification, elles affectent la cristallisation qui se fait en cristaux plus petits et moins compacts que d'ordinaire : le glycérol surpasse les produits similaires essayés jusqu'alors : Ethylèneglycol, propylène glycol, éthers de glycol...

Le glycérol constituant normal des tissus est miscible avec la plupart de leurs composants, ne bloque aucune enzyme et pénètre dans les cellules aussi facilement que l'urée (SOUDAN). Il est très hygroscopique et les solutions salines aqueuses se congèlent en formant des arborescences qui laissent tout un réseau liquide entre elles.

RAEY (cité par SOUDAN) a démontré que le glycérol employé à la concentration optimale rend réversible le passage solide-liquide dans la zone des températures d'usage courant pour les denrées congelées en particulier en reculant la température de cristallisation des eutectiques.

Dans le graphique A, nous présentons les résultats trouvés par SUZUKI et al sur l'effet protecteur (par hydratation) des polyalcools (Xilitol, Sorbitol et Maltitol) et des sucres (Glucose, saccharose et raffinose).

## 3. Les sucres.

Dans le cas des sucres, chaque molécule lie de plus en plus d'eau quand la concentration augmente (graphique A) et le point de congélation diminue selon la loi de RAOULT : en solution très étendue, l'abaissement du point de congélation est proportionnel à la concentration du corps dissout

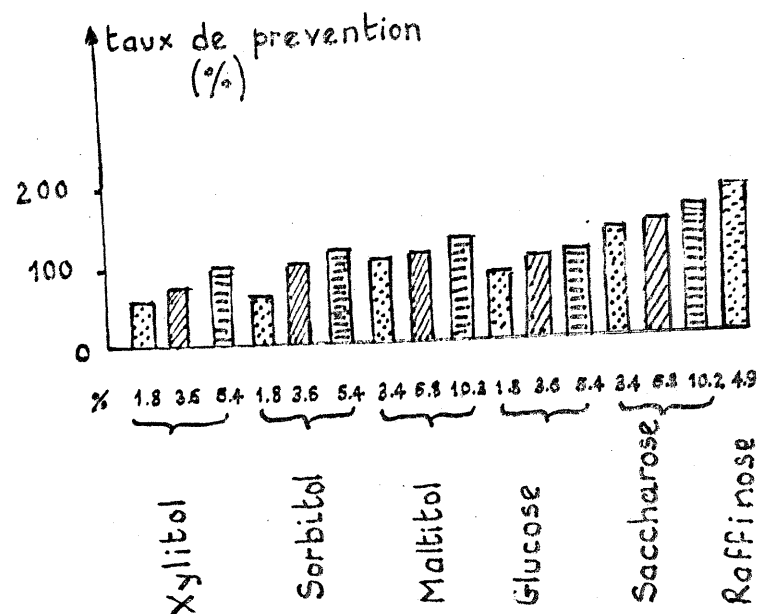


Fig A : Effet protecteur des sucres sur  
la denaturation des proteines par  
hydratation

▣ 0.1 M

▤ 0.2 M

▥ 0.3 M

( d'après SUZUKI et Al )



et inversement proportionnel à son poids moléculaire.

La protection des cellules animales contre le froid par les sucres est connue depuis longtemps mais exige souvent des concentrations assez fortes (SOUDAN).

Le mécanisme d'action des sucres serait comparable à celui des polyalcools.

LUONG cite YASUI et MASHIMOTO qui ont montré que les sucres inhibent le processus de dénaturation des protéines en exerçant une action protectrice en inactivant la myosine.

#### 4. Le sel.

Plusieurs observations ont démontré que le NaCl augmente la capacité de rétention d'eau.

SAINCLIVIER compare l'action du sel à celle de l'ATP et note le même effet consistant en la scission de l'actomyosine et l'hydratation des deux protéines élémentaires actine et myosine.

La raison qui paraît la plus cohérente serait, selon LUONG, SAINCLIVIER et SOUDAN, la suivante : le sel déplace le point isoélectrique des myofibrilles qui initialement est celui des protéines. L'écart entre le nouveau point isoélectrique et celui des protéines provoque une augmentation de l'eau liée.

Le sel augmente la charge électrique ; LUONG a noté que l'ion chlorure forme une forte liaison avec les groupes chargés positivement de la chaîne protéique. L'ion  $\text{Na}^+$  lui, forme une faible liaison avec les groupements négatifs. On obtient alors l'effet suivant : en partant du point isoélectrique des myofibrilles où les charges positives et négatives s'attirent, il y a peu d'espace entre les filaments, l'addition d'une base augmente le pH (initialement de 5,5) inhibe les charges positives, les charges négatives se repoussent, les filaments s'écartent en permettant l'admission des molécules d'eau. L'effet similaire est provoqué par l'addition d'un acide. DYER cité par SOUDAN suggère l'éventualité d'une compétition entre le sel et les protéines pour demeurer à l'état hydraté. L'utilisation du sel est peu profitable car il a un effet pré-oxydant des lipides (LUONG).

SOUDAN a démontré que la protéine congelée par addition de sels peut être finalement plus dénaturée que celle congelée telle quelle.

Les travaux de MEIKE, RAHMAN et MATTIL confirment les résultats de SOUDAN. En effet, en travaillant sur le muscle de carpe et de mullet, ces auteurs ont montré qu'une addition d'une solution de NaCl 1 N provoque :

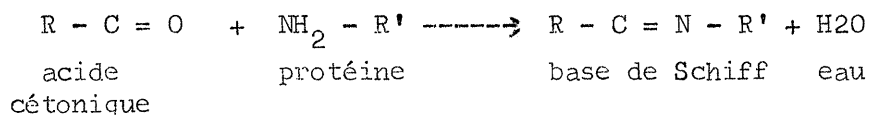
- une diminution des protéines solubles à pH élevé et pH bas avec l'augmentation de la concentration du sel. A pH 3,5, l'extraction est de 66 % des protéines solubles. Ils ont remarqué, en présence de sel, une insolubilisation supplémentaire de 12 % des protéines à ce pH. L'action est similaire à pH 11 mais moins prononcée.
- une augmentation de la solubilité des protéines en augmentant la concentration de sel au point de solubilité minimum (approximativement pH = 6).

##### 5. Autres substances chimiques.

Plusieurs autres substances chimiques ont un effet antidéshydratant et antidénaturant de la chair de poisson.

- citrate de Na
- sodium glutamate
- glycine bêtaïne
- acides carboxyliques
- sels d'acides carboxyliques saturés...

TRAN, en 1974 découvre que certains sels d'acides cétoniques ralentissent effectivement l'insolubilisation des protéines de morue stockée à - 10°C et augmentent la capacité de rétention d'eau de ce tissu. Il suggère que les acides cétoniques forment une base de Schiff avec les groupes aminés de la molécule de protéine .



En plus l'ion  $Na^+$  de la molécule du pyruvate de sodium forme des liaisons avec les charges négatives de la molécule de protéine. Il en découle :

- un blocage des groupements aminés actifs qui jouent un rôle important dans la dénaturation des protéines,
- augmentation des charges négatives nettes de la molécule de protéine ce qui élève la répulsion électrostatique des fibres protéiques.

Ainsi il devient plus difficile de former des liaisons intramoléculaires.

D'autre part, l'incorporation d'un groupement carboxylique (CO OH) du pyruvate augmente l'hydrophilicité des protéines et provoque leur stabilité.

NOGUCHI et MATSUMOTO ont étudié sur des extraits d'actomyosine (dans une solution de KCl 0,6 M et entreposage à - 30°C) l'effet des acides aminés et des produits dérivés ; les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

entreposage (semaines) substances	Solubilité : pourcentage par rapport à la quantité de protéines avant congélation	
	4	7
Glutamate de Na	100	96
EDTA - Na	80	79,3
Aspartate	91,2	89,8
Cystérate de Na	100	81,6
alamine	95,6	79,1
aminobutyrique acide	75,5	80,6
Acétyl glycine	80,5	74,5
Témoin	65,5	42,5

Tableau V : Effet des acides aminés et des produits dérivés sur la solubilité des protéines.  
(d'après NOGUCHI et MATSUMOTO).

## F. La texture et la consistance.

### I. Généralités.

Plusieurs définitions ont été données à la texture. (LAUNAY)

- la texture est composée de sensations tactiles et musculaires qui fournissent dans la cavité buccale une évaluation des propriétés physiques de l'aliment à l'exclusion des sensations thermiques et douloureuses.
- la texture est la manifestation sensorielle de la structure ou constitution interne des aliments. Elle est perçue par les récepteurs de la peau (tact) et des muscles (kinesthésie).
- la texture d'un aliment est l'ensemble de ses propriétés géométriques, de surface, (adhésion en particulier) et rhéologiques qui participent aux sensations provoquées par le consommateur.

SCOTT BLAIR définit la consistance comme la propriété d'un matériau grâce à laquelle un matériau résiste à tout changement de forme permanent. Il considère la consistance comme une composante de la texture.

Consistance et texture sont du domaine de la Rhéologie que CHEFFTEL et al définissent ainsi :

La rhéologie est la science des phénomènes de déformation et d'écoulement de solides et de fluides sous l'influence de forces mécaniques.

Ces phénomènes déterminent souvent les propriétés fonctionnelles des aliments et interviennent pendant les traitements (comportement mécanique) pendant l'entreposage (stabilité physique) et au moment de la consommation (texture).

En rhéologie il faut tenir compte des 4 facteurs suivants :

- la force ou la contrainte par  $\text{cm}^2$
- la déformation relative
- le temps
- la température.

Il est important de signaler que ce que l'on entend par le terme mesure est généralement l'évaluation d'une quantité. Or, dans notre cas c'est la qualité qui est à mesurer ce qui est absolument impossible de chiffrer d'une façon universelle.

THOMAS scinde le problème en deux parties :

- se placer en théoricien, et alors expliquer l'inobservable
- se placer en praticien, et alors observer l'inexplicable.

BERGSON,\* quant à lui, définit la mesure en 4 termes (N.O.I.R.)

N : nominal : donner des numéros sans préciser la relation

O. : ordinal : classer par ordre sans intervalles réguliers

I : intervalles : "                      avec                      "                      "

R : rapport : définir l'origine (zéro).

Pour mesurer la texture, aucune de ces étapes ne peut être universelle.

La texture d'un aliment fait-elle partie de ses caractéristiques physiques ou bien est-elle du domaine des sensations ?

Le terme de texture s'applique-t-il à tous les types d'aliments ou à certains d'entre eux seulement ?

Quels sont les organes de sens responsables de la perception de la texture ou des stimuli de texture ?

Telles sont les questions auxquelles il faut répondre pour pouvoir évaluer la texture.

## II. Méthodes de mesures instrumentales.

Si la texture est définie par des paramètres physiques déterminés il est théoriquement possible d'apprécier les diverses variables qui composent cette texture par des méthodes instrumentales. Ces méthodes sont dites aussi méthodes objectives parce qu'elles font intervenir la machine. En effet, la machine n'est qu'un moyen mis à la disposition du manipulateur et qui, lui seul, pourra choisir les propriétés texturales à mesurer. En sélectionnant quelques paramètres seulement pour caractériser la texture, l'objectivité de ces méthodes est mise à l'écart.

La texture étant (selon CHE FTEL) un ensemble de propriétés géométriques, de surface, rhéologiques, sensorielles et tactiles, son évaluation

\*

Cité par SCOTT BLAIR

./.

est une approche numérique de tous ces paramètres.

C'est ainsi que la recherche des méthodes instrumentales n'est pas un développement nouveau.

SCOTT BLAIR ainsi que SZCZESNIAK classent les mesures objectives en 3 catégories :

- Méthodes fondamentales : ce sont principalement des évaluations de la viscosité et de l'élasticité.

- Méthodes empiriques : propriétés mal définies mais dont dépendent expérimentalement les qualités texturales. Elles sont aussi dites méthodes directes car s'intéressent à l'état physiologique qui fournit en général une information sur la texture.

- Méthodes imitatives : plaçant les aliments dans les conditions considérées comme proches de celles rencontrées dans telle ou telle phase de son utilisation.

Beaucoup de matériels ont été inventés pour mesurer ces différentes composantes de la texture.

- Instruments pour méthodes fondamentales.

- Viscosimètre : permet de valoriser une sensation buccale qu'aura le consommateur au premier contact avec l'aliment. La viscosité est liée aux systèmes liquides et semi-liquides.

- Elastomètre : la déformation élastique apparaît immédiatement après l'application de la force. Si la force appliquée dépasse un certain seuil, après un certain temps une déformation due à la viscosité du système apparaît. A un degré supérieur, la déformation dépendra de la plasticité et de la viscosité du système.

Souvent la résistance à la compression ou le cisaillement sont plus intéressants que la mesure de l'élasticité. Ces tests sont plus proches de la mastication et vont jusqu'à destruction avant "avalement".

r      . Instruments de mesure pour méthodes empiriques.

Les appareils sont aussi nombreux que les auteurs. Aucune normalisation n'est faite, si ce n'est que les principes qui restent en commun. Les méthodes instrumentales de mesure de texture sont classées selon le schéma suivant :

- Nature générale du test
- force et géométrie de l'appareil
- variables fondamentales de la mesure
- commodité avec laquelle elles sont le mieux applicables
- type général d'exercer la force.

Ces outils comprennent quatre éléments de base :

- un sondeur de contact : plongeur plat, machoires de cisaillement dents d'attachement, perceur, brin de coupure....
- un mécanisme guidé pour déployer la force (vertical, horizontal ou rotationnel)
- un élément de sensation pour détecter la résistance de l'aliment à la force appliquée
- un système de lecture ou d'enregistrement.

Nous nous limitons à exposer quelques types d'appareil :

- Pénétromètre : sert à mesurer la dureté ou la tendreté. Cet appareil ne donne pas une mesure absolue car la pénétration provoque un cisaillement et une compression et la valeur obtenue n'est autre que la résultante de ces trois contraintes.
- Compressimètre : sert à tester la résistance d'un aliment à une force de compression. L'outil ne doit pas couper l'échantillon, c'est à dire que la force déployée ne doit pas dépasser le point de rupture.
- Appareil de cisaillement : sert à tester la tendreté des aliments solides.
- Appareil de tranchage : sert à mesurer la résistance à la coupure.
- Consistomètre : instrument empirique pour mesurer les aliments semi-solides, mesure la distance de propagation ou la résistance à une palette rotative. On met un échantillon sur un disque à graduations concentriques et on observe jusqu'où et en combien de temps les substances s'étalent.

- Polyvalents. INSTRON, presse"à cisaillement de KRAMER et texturomètre T 5001. L'outil est interchangeable, tout le reste est commun. Ces appareils ont des rôles multiples selon l'outil (sondeur).

#### . Méthodes imitatives.

Les instruments sont très nombreux sans aucune standardisation. Le principe étant d'approcher une phase de la consommation telle que la mastication W.B.S. (Warner - Bratzler - Shear).

Consiste à mesurer la force maximum nécessaire pour trancher, avec une lame de section en forme de V inversé, un échantillon cylindrique placé dans un système du type "guillotine".

#### . Mesure de jutosité.

Un paramètre important dans l'appréciation de la texture est la quantité de jus qui est exprimée au cours de la mastication (jutosité). Elle peut être déterminée par centrifugation.

La jutosité peut être aussi donnée par la surface du papier filtre qui s'imbibe de jus après que le produit, posé sur le papier ait subi plusieurs mastICATIONS successives par un outil en forme de dents.

### III. Méthodes sensorielles.

Un aliment ne peut être considéré comme tel qu'en fonction de sa capacité qu'il aura de satisfaire un besoin nutritionnel donné, mais également s'il est jugé bon et attrayant. Nous voyons donc qu'il n'est pas raisonnable de séparer la notion "nutrition" de la notion "acceptabilité". Quelle que soit la valeur nutritionnelle d'un aliment, son acceptabilité est un facteur essentiel à analyser car il faut reconnaître que personne n'a jusqu'à présent, consommé, et à fortiori, acheté un produit sur la seule vue de sa composition en acides aminés.

Si la texture résulte d'une évaluation sensorielle de certaines propriétés de l'aliment, cette appréciation est néanmoins liée à l'existence de stimuli de texture et ce sont eux qu'il s'agit de mesurer.

Les méthodes de mesure et de contrôle de la texture se développent avec la conscience et l'information du consommateur.



• Mesures non orales.

Mesures ou estimations de la texture par voie visuelle ou tactile. Elles se rapportent surtout à la tendreté. Le jury peut être constitué de consommateurs non avisés ni entraînés.

• Tests sensoriels.

Il y a trois types de tests fondamentaux.

- Préférence / acceptation.

Il s'agit de dégager l'opinion : aimer ou ne pas aimer.

Les résultats sont rarement publiés. Le jury doit représenter la population pour laquelle le produit est destiné, un grand nombre serait nécessaire pour représenter les différents groupes de consommateurs. Généralement 60 à 100 membres.

- Discriminatoire.

Décerner les différences entre les échantillons sans classer ni évaluer la différence. Le principe étant de déterminer le seuil absolu qui est l'intensité d'un paramètre donné à partir de laquelle il est perçu par un individu donné. Ce concept est généralement appliqué à la flaveur et à l'odeur. Dans un second temps il importe de déterminer le seuil de différence qui est le plus faible changement d'intensité d'un paramètre, qu'un individu donné peut sentir. Le choix du jury dans ce cas se fait selon la sensibilité. Il peut être constitué de 3 à 10 personnes entraînées ou de plus de 80 personnes non entraînées.

- Descriptifs.

Il est très rare de s'intéresser uniquement à ce qu'un échantillon soit différent de l'autre. Généralement, il est souhaitable de connaître l'ampleur et la direction de cette différence.

On procède alors par :

- Arrangement : un nombre d'échantillons est présenté au jury pour un classement selon l'ordre d'intensité croissante d'un paramètre tel que la dureté. La direction de différence est clairement donnée par l'arrangement.

- Estimation ou répartition. La différence d'intensité relative est indiquée par une estimation verbale ou chiffrée. L'estimation verbale est plus utilisée dans la littérature.

Le jury doit être bien entraîné pour se familiariser avec les différents niveaux du facteur en étude et les échantillons doivent être présentés séparément pour éviter toute comparaison directe.

• Echelles d'estimation.

Le vocabulaire populaire est riche en expressions qui relèvent de la notion de texture : viande tendre ou trop dure, la chair d'encornet élastique, haricots verts filandreux, sauce épaisse, riz collant, gâteau sec, croustillant...

Ce large éventail de vocabulaire a permis l'élaboration de divers types d'échelles d'estimation.

- Echelle d'estimation structurée.

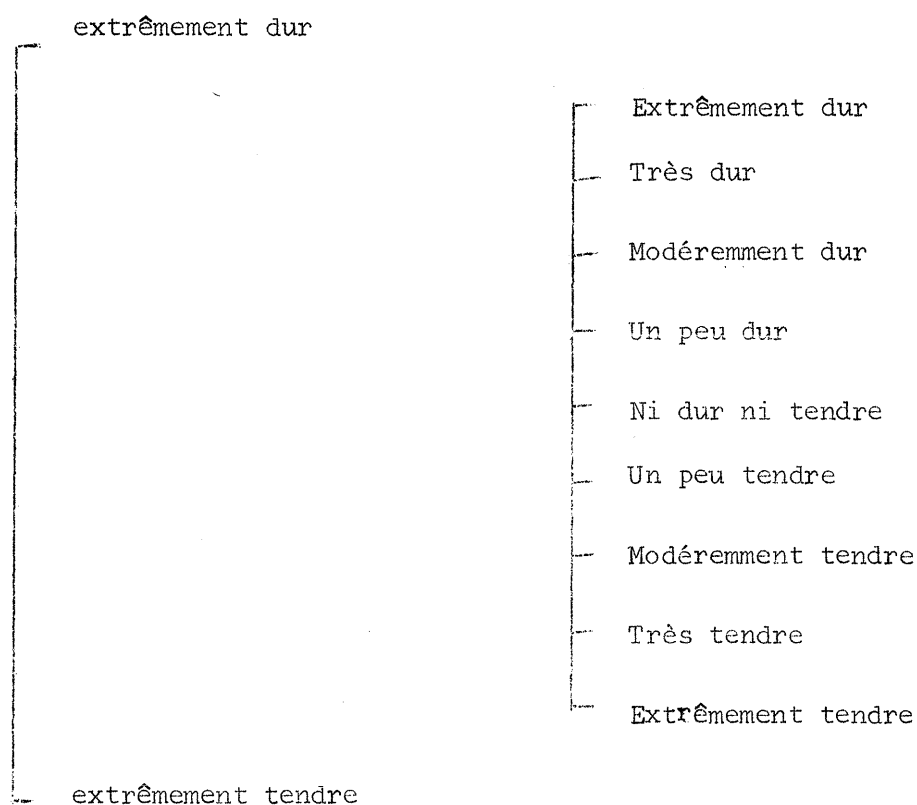
L'intensité relative est marquée (un point) sur l'échelle ou en donnant un nombre ou score.

L'échelle d'estimation consiste en général en 5 à 10 points (échelons).

Le jury de cette évaluation ne doit pas être considéré comme des consommateurs ordinaires. L'interrogé doit utiliser les points existants ou ce qui revient au même utiliser les termes de l'échelle.

- Echelle non structurée.

Une ligne de 10 cm sur laquelle l'interrogé met un point selon l'intensité du facteur étudié. Ces échelles sont utilisées pour déterminer la relation entre l'intensité réelle et l'intensité apparente de plusieurs propriétés texturales.



Echelle d'estimation non structurée (à gauche) et structurée (à droite)

- Echelle à double entrée

Exemple :	très humide	Humide	Ni humide ni sec	Sec	Très sec
Très rigide					
Rigide					
Ni rigide ni mou					
Mou					
Très mou					

- Echelle d'estimation multifactorielle.

La texture étant composée de plusieurs paramètres, ces échelles seront les mieux adaptées. Exemple : la tendreté séparée en 6 composantes.

- Dureté entre la langue et le palais.
- Résistance à la pression des dents
- Facilité de fragmentation du muscle (fibres)

- Mielleux à la mastication
- Adhésion apparente entre les fibres
- Degré de dureté du tissu conjonctif.

Echelle de SORENSEN.

(voir page 65)

2ème PARTIE

---

PARTIE EXPERIMENTALE

---

## I. INTRODUCTION.

Nous avons choisi le chinchard et le lieu noir comme matière première pour les raisons suivantes :

d'une part le lieu noir est un poisson très pêché et d'autre part il est généralement utilisé en filets, ce qui laisse supposer qu'un grand tonnage de chair récupérable est utilisé pour la fabrication de sous-produits (farine, FPC...) pour l'alimentation animale.

- Le chinchard, poisson assez abondant sur les côtes françaises est très faiblement consommé en raison de ses arêtes abondantes.

C'est dans ce sens que nous avons dirigé notre choix.

Afin de valoriser le hachis récupéré nous avons utilisé plusieurs procédés d'amélioration.

D'abord la couleur, - paramètre important pour l'acceptation de ce produit - n'est pas toujours attrayante. En effet, dans le cas du chinchard, la chair grasse, se trouve exposée à l'air avec une surface de contact très importante. L'oxydation est rapide et la couleur rougeâtre habituelle vire très vite au gris. Pour pallier ce problème nous avons choisi le lavage comme procédé d'amélioration. Toutefois, nous/<sup>ne</sup> nous sommes pas limités à l'effet du lavage sur la couleur. Il est évident que les protéines les plus solubles seront drainées par l'eau à l'égouttage. Cette eau emporte aussi par lessivage une quantité plus ou moins importantes de fines particules de chair. En outre, le lavage pourrait avoir une influence sur la vitesse de dénaturation des protéines et interférer avec l'action des cryoprotecteurs.

La dénaturation des protéines est le phénomène que nous nous sommes proposés de limiter par l'addition de substances chimiques (cryoprotecteurs).

De telles substances ont été sélectionnées après un essai préliminaire de leur action sur la dénaturation dans un extrait de protéines myofibrillaires et en s'appuyant sur une étude bibliographique. Sont testés dans notre étude les cryoprotecteurs qui ont montré un effet antidénaturant à l'essai préliminaire.

Une extrapolation des résultats obtenus sur les extraits de protéines ne peut être menée sans risque d'erreur grave. L'effet des substances

cryoprotectrices, se trouve dans le cas du hachis, confronté à l'effet de substances dénaturantes qu'il faut contre-carrer. Ce qui n'est pas le cas pour un extrait de protéines où le milieu est purifié de tout corps susceptible d'amorcer la dénaturation.

Afin de connaître le taux de dénaturation des protéines nous avons mesuré la teneur en protéines solubles avant congélation et à divers temps d'entreposage. La texture du hachis a été évaluée par deux types de mesure que nous essayons de corrélérer entre eux :

- Méthode instrumentale ou objective
- Méthode sensorielle ou organoleptique.

## II. MATERIELS & METHODES.

### 1. Préparation du hachis.

La matière première (lieu noir ou chinchard) est achetée sur le marché local, sa qualité est variable selon les lots d'achat. En principe, le poisson<sup>ne</sup>/devrait pas être congelé auparavant. Mais nos résultats d'analyse nous laissent supposer que, dans certains cas, on nous a approvisionné en poisson déjà congelé. Le lieu noir est acheté éviscéré seulement, le chinchard étant entier, nous avons étêté et éviscéré manuellement aux laboratoires à température ambiante.

Dans le cas du lieu noir nous avons procédé par filetage pour obtenir les carcasses qui nous servent de matière première. Quant au chinchard il a été utilisé à l'état éviscéré et étêté tranché ou non.

Les carcasses et le poisson étêté, éviscéré sont lavés à l'eau avant passage à la désarêteuse.

Nos méthodes de lavage des carcasses de lieu ont été variées.

Au départ nous lavions pour éliminer la souillure et cela par simple jet d'eau. Dans un second temps, nous avons jugé nécessaire, après élimination de la souillure de procéder au "grattage". En effet, la cavité péritonienne renferme toujours un reste de viscères : la vessie natatoire et la rate. Cette dernière est à l'origine de présence de sang après hachage. La vessie natatoire hachée donne des morceaux blancs et élastiques dans la masse du hachis. Le grattage consiste à enlever au couteau la vessie natatoire et de broser la cavité afin d'éliminer le sang contenu dans la rate.

Dans le cas du chinchard nous avons seulement lavé le poisson étêté, éviscéré sous un jet d'eau. Ensuite la matière première est passée à la désarêteuse (BAADER 694) pour récupérer le hachis (voir annexes).

Selon l'utilisation ultérieure, le hachis obtenu est lavé ou non, traité aux cryoprotecteurs ou pas. Les échantillons sont emballés dans des barquettes en aluminium de contenance variable de 150 à 350 g, congelés rapidement à - 40°C dans un congélateur à plaques durant une nuit puis entreposés dans des chambres froides à température inférieure à - 20°C.

Pour les analyses après congélation, la décongélation est faite en entreposant durant 24 heures les échantillons dans une chambre à température de 0°C à + 4°C.



## 2. Lavage du hachis.

Dans le but de cerner l'influence du lavage, nous avons entrepris des expériences où seul ce facteur est étudié. Toutefois nous avons essayé de savoir dans quelles limites il interfère avec les différents traitements.

### Solutions de lavage.

Une première expérience est faite avec un lavage à l'eau distillée pour servir de témoin à toutes celles qui vont suivre :

- solutions de chlore de 12,5 ppm, 25 ppm et 50 ppm.
- lavage à l'eau courante
- lavage à l'eau courante additionnée de 5 ppm de chlore résiduel
- lavage à l'eau courante additionnée de 300 ppm d'EDTA.

Tous ces lavages ont été effectués à température ambiante pendant 5 à 10 mn. Nous avons choisi un rapport : eau de lavage/poids du hachis de 4/1. Le hachis est dispersé à la main dans l'eau de lavage pendant la première minute pour avoir le maximum de surface de contact hachis-eau ; mais sans agitation.

L'égouttage est effectué à la même température jusqu'à obtention du poids initial de hachis mis dans la solution. Il est fréquent que nous soyons amené à presser le hachis contre les parois de l'entonnoir perforé (0,5 mm de côté de maille) pour obtenir le poids initial.

## 3. Traitement aux cryoprotecteurs.

### a) Choix des cryoprotecteurs.

Nous avons préparé des extraits de protéines myofibrillaires de poisson auxquels nous avons ajouté diverses substances susceptibles d'avoir un pouvoir cryoprotecteur.

Les mélanges ainsi obtenus sont congelés, stockés à - 20°C. Le dosage des PST (Protéines solubles totales) est fait au bout de chaque semaine. Ainsi nous avons pu comparer l'évolution des PST en fonction de la nature de additifs. Seront retenues pour l'essai avec le hachis du poisson, les substances qui ont montré un pouvoir anti-dénaturant.

Les extraits de protéines myofibrillaires sont obtenus de la manière suivante :

- 20 g de chair de lieu noir sont homogénéisés dans 200 ml d'eau réfrigérée dans un malaxeur équipé d'une ceinture réfrigérée 2 mn. Ensuite on centrifuge à froid à 3 000 tours/mn pendant 30 mn. Le résidu est mélangé une deuxième fois à l'eau distillée puis on centrifuge à nouveau 30 mn à 3 000 tours/mn.

Ce deuxième résidu est pesé et mélangé à un poids égal de solution de NaCl 10 %, puis dilué avec du NaCl 5 %. On agite pour dissoudre le résidu. On centrifuge à nouveau à 3 000 tours/mn pendant 30 mn. Le surnageant constitue l'extrait des protéines myofibrillaires.

Le mélange protéines-cryoprotecteur est fait selon la concentration molaire de l'additif et sa capacité à former des liaisons hydrogènes. Dans un tube de 40 ml on pèse une quantité x de la substance à ajouter. On y ajoute 20 g de solution de l'extrait de protéines myofibrillaires. On agite pour dissoudre, puis on pipette des aliquots de 1 ml dans des tubes à essais en propylène de 13 ml. On couvre et on congèle à - 40°C pendant 16 heures. On transfère ensuite en chambre froide maintenue à - 20°C pour l'entreposage.

Les différentes substances ajoutées sont :

- polyalcools

glycoléthylène, glycérol, érythritol, xylitol, sorbitol en poudre (Neosorb 60) sorbitol en solution (Neosorb 70/07 M), mannitol, maltitol, lycasin.

- sucres provenant de transformation industrielle de l'amidon à différents stades. L'idée est de valoriser des produits récupérés des industries de raffinage des sucres : dextrose, N méthylglucamine, ~~X~~ méthylglucoside, Lab. 230 (70 % de maltose), sirops de glucose (Lab 230, Flolyse, Roclyse), Maltodextrine 01 et Maltodextrine 05.

- sucres :

xylose, glucose D, fructose, maltose, lactose, saccharose, maltotriose, raffinose, stacchiose.

- substances variées :

EDTA trisodique, NaHPO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>S, NaHSO<sub>3</sub>, Na glutamate, Na pyrurate.

Après dosage des PST par la méthode d'absorption aux U.V. à 275 nm

Nous avons obtenu les résultats suivants :

1. tous les polyalcools ont une action antidénaturante comparable à celle du glycérol ou de l'éthylèneglycol

2. tous les sucres modifiés (glucamine, ~~α~~ méthylglucose....) possèdent un pouvoir antidénaturant.

3. tous les sirops de glucose (Lab 230, Flolys, Roclys...) ont un effet antidénaturant comparable à celui du glucose.

Les maltodextrines M01 et M05 sont franchement dénaturantes.

4. Parmi les autres substances essayées, seul le pyruvate 0,1 % et l'EDTA 0,03 % ont un effet notable. Cet effet est supérieur à celui du sorbitol.

De ces résultats nous avons fait un choix de cryoprotecteurs utilisés ultérieurement pour le hachis.

Nous avons maintenu le sorbitol, le glycérol, l'EDTA et le Na pyruvate. Mais dans l'esprit de vérifier l'influence des autres additifs nous avons testé plusieurs d'entre eux :

Dextrose, Lab 230, Lab 265, M01, M05 et le lycasin.

b) Divers traitements.

Expérience n° 1.

Matière première : chair de lieu noir récupérée sur les arêtes lavées pour enlever les souillures mais non grattées. Nous avons séparé deux lots de hachis. Un premier lot est lavé à l'eau courante, l'autre est gardé tel quel. Chaque cryoprotecteur est testé sur un échantillon de chaque lot.

Addition des cryoprotecteurs.

Nous avons manipulé à température ambiante.

2 échantillons, l'un lavé et l'autre non lavé, sont gardés comme témoins : aucun additif ne leur a été ajouté.

Dans cette première série nous avons testé différents sucres :

Dextrose à une concentration de 3 %		
Lab 230	"	3 %
Maltodextrine 01	"	3 %
Lab 265	"	2 %



Expérience n° 3.

Matière première :

chair de carcasses de lieu noir lavées pour élimination de la souillure et grattées. Nous n'avons pas procédé à un lavage du hachis.

Addition de cryoprotecteurs.

manipulation à température ambiante

- un échantillon non traité aux cryoprotecteurs est gardé pour témoin.

Nous avons testé :

Le dextrose 3 %

Le Lab 230 3 %

La Maltodextrine 05 3 %

Le Glycérol 3 %

Le Sorbitol 3 %

Le Lycasin 3 %

Le Pyruvate à 0,3 %

Une combinaison d'EDTA 300 ppm de pyruvate 0,3 % et de sorbitol 3 %  
Nous avons ajouté 5 % d'eau à tous les échantillons y compris le témoin pour garder le même volume de hachis.

Traitements technologiques.

Idem sauf emballage dans des barquettes de 150 g.

Une décongélation accidentelle est survenue à 17 j d'entreposage nous avons continué nos analyses.

Expérience n° 4.

Matière première :

- chair récupérée sur des carcasses de lieu noir lavée et grattées

- séparation en 4 Lots :

. lot non lavé après hachage

. lot lavé à l'eau courante

. lot lavé à l'eau courante additionnée de chlore (5 ppm)

. lot lavé à l'eau courante additionnée d'EDTA (300 ppm).

Addition des cryoprotecteurs.

Nous avons essayé un mélange d'EDTA (300 ppm) et de sorbitol (3 %)  
Le mélange cryoprotecteurs hachis est effectué à température ambiante .  
De chaque lot nous avons gardé un échantillon non traité à l'EDTA et au sorbitol pour servir de témoins.

Traitements technologiques.

Idem sauf emballage dans des barquettes en aluminium de 150 g.  
Décongélation accidentelle survenue à 4 j d'entreposage.

#### Expérience n° 5.

Matière première :

chair de chinchard obtenue par passage à la BAADER de tranches de poisson. Le chinchard a été lavé avant tranchage.

Un échantillon non lavé est mis de côté pour faire des comparaisons avec le reste des échantillons qui sont traités. (témoin)

Addition de cryoprotecteurs.

La manipulation est faite à température ambiante.

Une moitié de l'échantillon lavé est traitée avec un mélange d'EDTA (300 ppm) de sorbitol (3 %) et de pyruvate (0,3 %), l'autre moitié est gardée sans aucun traitement.

Des échantillons/<sup>non</sup>lavés nous avons séparé un lot que nous n'avons pas traité. Tous les autres sont traités aux cryoprotecteurs suivants :

- pyruvate 0,3 %
- EDTA 300 ppm
- Sorbitol 3 %
- Sorbitol 3 % + Pyruvate 0,3 %
- EDTA 300 ppm + sorbitol 3 %
- EDTA 300 ppm + pyruvate 0,3 %
- EDTA 300 ppm + sorbitol 3 % + pyruvate 0,3 %

Traitements technologiques.

Idem sauf emballage dans des barquettes de 150 g.

### Expérience n° 6.

Matière première : chinchard lavé après étêtage et éviscération et passé à la BAADER. Le hachis obtenu est divisé en 4 lots :

- lot non lavé
- lot lavé à l'eau courante
- lot lavé à l'eau courante additionnée d'EDTA (300 ppm)
- lot lavé               "               "               d'hypochlorite de sodium (5ppm)

Addition de cryoprotecteurs.

- Manipulation à température ambiante
- de chaque lot nous avons gardé un témoin non traité
- des trois derniers lots nous avons préparés des échantillons qui seront traités par un mélange d'EDTA (300 ppm) et de Sorbitol (3 %) et de pyruvate (0,3 %).

- Du lot lavé à l'eau courante nous avons préparé des échantillons qui seront traités aux cryoprotecteurs suivants :

Dextrose	3 %
Lab 230	3 %
MO5	3 %
Gly	3 %
Sorb.	3 %
Lyc	3 %
Pyr.	0,3 %

Traitements technologiques.

Idem sauf emballage dans des barquettes de 150 g.

### 4. Analyse chimique.

Nous avons vu que la dénaturation des protéines se traduit par la perte d'affinité avec l'eau et qu'il existe plusieurs méthodes pour la mesurer

- on peut mesurer la quantité accrue d'eau séparable par centrifugation

- on peut mesurer la diminution de l'activité ATPasique des protéines

- on peut mesurer la diminution des protéines extractibles.

C'est cette dernière méthode qui est utilisée dans cette étude.

a. Principe.

Les protéines dénaturées deviennent insolubles.

Les diverses catégories de protéines sont solubles dans des solutions de force ionique différentes ainsi les protéines sarcoplasmiques sont solubles dans l'eau alors que les protéines myofibrillaires sont solubles dans une solution de 5 % NaCl.

En se basant sur ces deux propriétés nous essaierons d'une part d'évaluer le taux de dénaturation des protéines par leur insolubilité, et, d'autre part nous déterminerons quel type de protéines est plus touché par cette dénaturation.

b. Mode opératoire.

On homogénéise 3 g de poisson haché dans 120 ml de solution de NaCl 5 % réfrigérée dans un broyeur équipé d'une ceinture réfrigérée (fig. 2) pendant 1 mn. Pour empêcher la formation de mousse nous avons utilisé un plateau antimousse (la formation de celle-ci entraîne une mauvaise répartition des protéines entre le broyat et cette sorte d'écume).

Le broyat est centrifugé à 2 500 tours/mn pendant 30 mn.

On prélève 1 ml de surnageant auquel on ajoute 4 ml de NaCl 5 %

Cette fraction (1) contient d'une part les protéines myofibrillaires encore solubles et les protéines sarcoplasmiques.

Aussi, parallèlement, on effectue une précipitation des protéines myofibrillaires en ajoutant, à un autre ml prélevé du surnageant, 4 ml d'eau distillée. On centrifuge à nouveau 30 mn à 2 500 tours/mn. Cette fraction (2) ne contient alors que les protéines hydrosolubles c'est à dire sarcoplasmiques. La teneur réelle en protéines myofibrillaires extractibles correspond donc à la différence (1) - (2).

La méthode d'évaluation de la quantité de protéines dans ces deux types de solution étant la lecture directe de l'absorption en UV à 275 nm L'absorption est proportionnelle à la quantité de protéines en solution. Avec une courbe étalon déterminée à partir de solutions connues nous pouvons déterminer la teneur en protéines de nos échantillons, mais nous nous sommes

./.



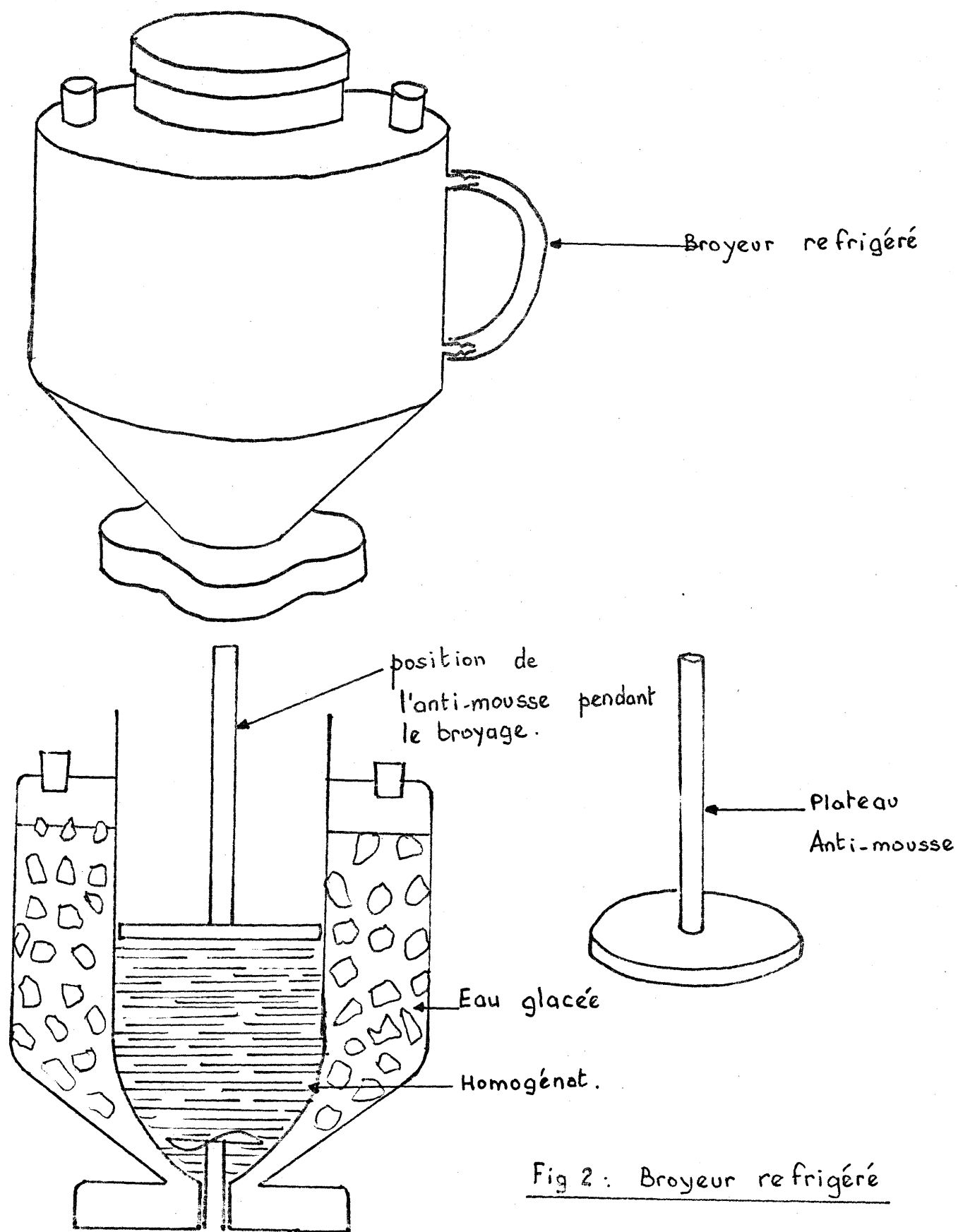
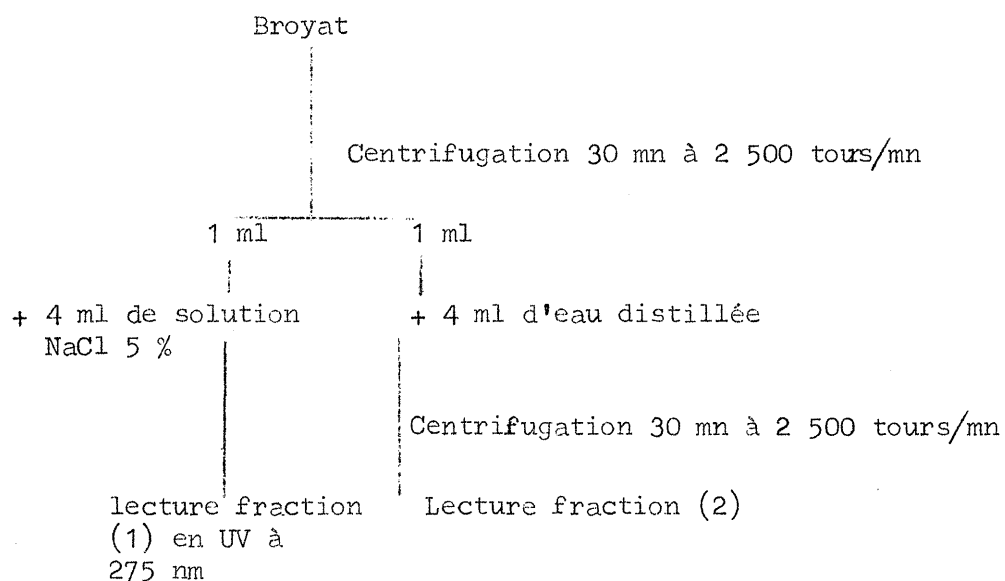


Fig 2 : Broyeur réfrigéré

(LUONG, 1976).

limités aux valeurs données en UV car ce qui nous intéresse est plutôt le taux de dénaturation des protéines.



##### 5. Méthode instrumentale de la mesure de la texture.

###### a. Principe.

Afin d'échapper au jugement subjectif de la texture nous avons essayé de trouver une méthode instrumentale pouvant traduire les propriétés physiques du hachis.

Le hachis cuit présente une certaine résistance à l'écrasement que nous nous sommes proposés de mesurer à l'aide d'un texturomètre JJ LOYD T 5001. Par un calcul mathématique, la force appliquée pour écraser un échantillon nous donne l'élasticité de la chair que nous avons retenue comme paramètre traduisant les caractéristiques physiques du hachis.

###### b. Préparation d'échantillons.

20 g de chair sont tassés d'une façon plus ou moins uniforme dans un bécher de 25 ml. Ceci nous permet d'avoir une forme assez comparable des divers échantillons.

La cuisson est faite à la vapeur pendant 20 mn. Après cette opération il y a perte d'eau dont la quantité est variable selon les échantillons. Les petits cylindres obtenus sont essuyés, la gelée les couronnant est enlevée, nous déterminons le poids après cuisson.

Les échantillons sont ainsi préparés et soumis à l'essai par un texturomètre T 5001.

c. Le texturomètre T 5001.

Le texturomètre T 5001 est une machine d'essai de traction polyvalente. Elle se compose d'une tête fixe et une tête mobile sur lesquelles on peut monter diverses prises correspondant à toute sorte de cellules. Elle fonctionne alors en pénétromètre, en extensimètre ou en appareil de mesure de cisaillement...

La force appliquée est mesurée par une jauge de contrainte placée sur la tête mobile qui fonctionne tant en traction qu'en compression.

Pour soumettre l'échantillon à l'essai, on le place entre les prises montées sur les deux têtes et on déplace l'une des têtes soit vers le haut pour les essais de compression soit vers le bas pour les essais d'extension. Dans chaque cas c'est la jauge de contrainte qui mesure la force appliquée. La tête mobile est guidée par deux vis de guidage parallèles qui sont entraînées par deux moteurs électriques. La vitesse de ces moteurs est très précisément commandée par un système électronique. La tête mobile permet un déplacement maximum de 1 100 mm.

La T 5001 est équipée de deux indicateurs, l'un montrant la vitesse exacte de la tête mobile, l'autre pouvant servir à indiquer la valeur d'un des paramètres suivants :

- la force appliquée
- le déplacement de la tête mobile
- l'extension.

./.

Deux sorties sont prévues, l'une fournissant une tension proportionnelle à la force appliquée, l'autre une tension proportionnelle au déplacement de la tête mobile.

Ces deux sorties correspondant à la table traçante X - Y, J J qui enregistre automatiquement les graphiques force/extension. Des butées réglables sont mises en place qui empêchent la tête mobile d'aller au-delà de l'une ou l'autre extrémité de la course et qui peuvent être réglées pour limiter le déplacement de la tête mobile, de sorte qu'il soit impossible que les prises se touchent pendant un essai de compression. Ce dispositif peut aussi servir à arrêter automatiquement la machine après la rupture d'un échantillon.

Les différentes jauges de contrainte sont sensibles à un maximum de force de 5 000 N, 500 N, 100 N et 5 Newtons.

#### Détermination de l'indice texturométrique.

Les échantillons préparés sont mis entre les prises du texturomètre. On fait mouvoir la tête mobile pour avoir un écrasement de l'échantillon. La jauge de contrainte (5000 N) mesure à tout moment la force appliquée par la tête mobile. Cette force est transmise à la table traçante qui donne directement un graphique force/extension (fig. 3 ).

Sur ce graphique on peut lire directement la longueur de l'échantillon et la force appliquée à tout moment.

Nous avons choisi pour nos calculs de l'élasticité la valeur de la force correspondante à la moitié de course.

$$\text{Elasticité moyenne : } E = \frac{\frac{L_0 - L}{L_0}}{\frac{F}{S}} \quad (1)$$

L : longueur après déformation

L<sub>0</sub> : longueur initiale donnée par le graphique

F : force appliquée donnée par le graphique

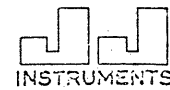
S : section du cylindre

Nous avons choisi  $L = \frac{L_0}{2}$  et on note  $F = F_{\frac{1}{2}}$

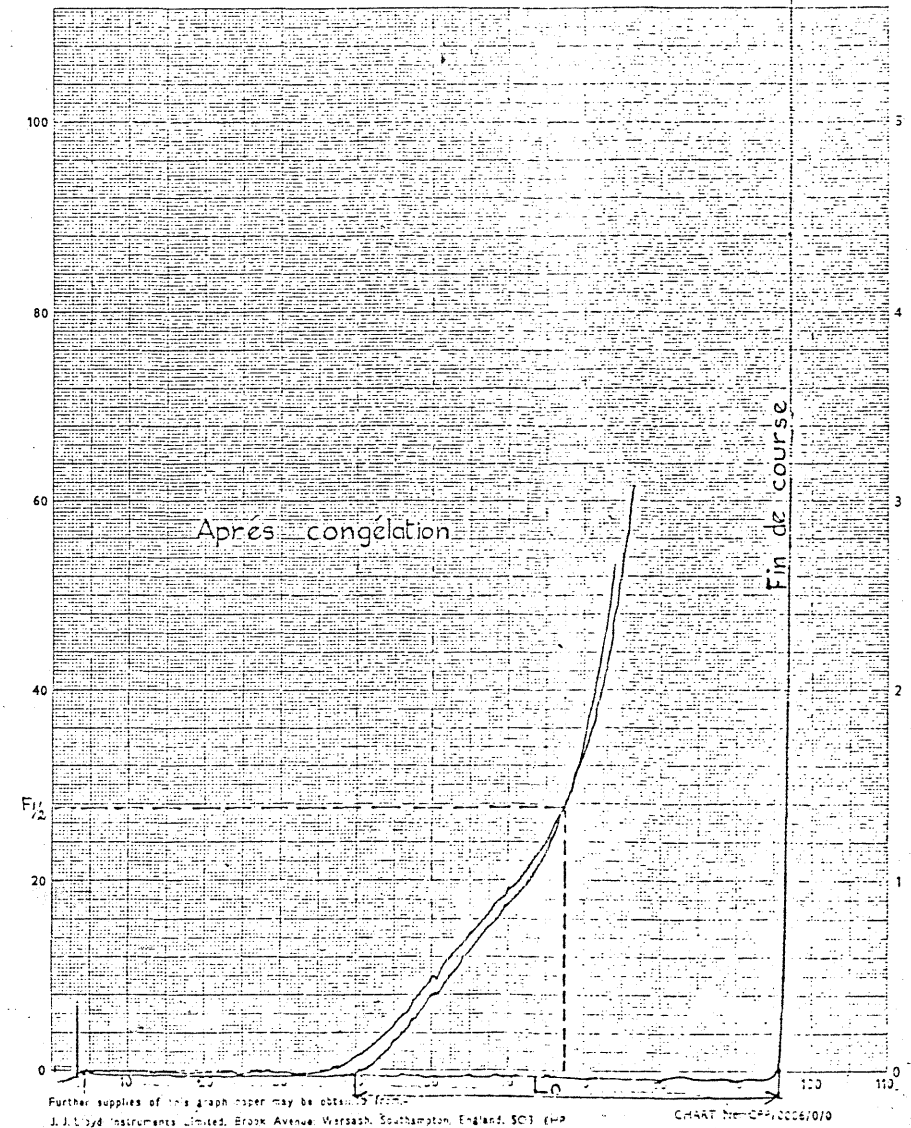
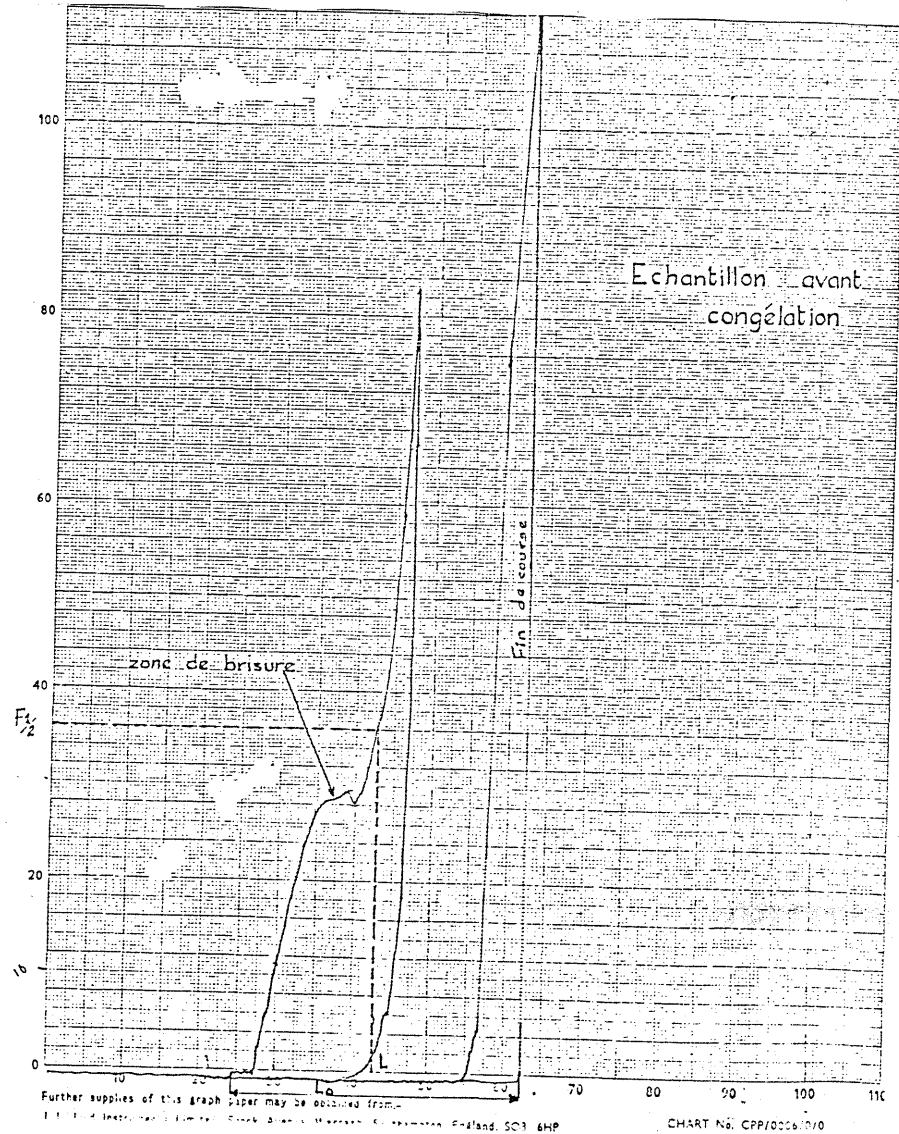
En supposant la conservation de volume, nous pouvons écrire

$$S_0 L_0 = S L \quad L = \frac{1}{2} L_0 \text{ et } S = 2 S_0$$

Fig3 : Graphiques obtenus à la mesure  
de la texture par la T5001



Date:	15 / 5 / 81	Unité:	5000 il
Material:	HACHIS (Lieu noir)	Version des données:	5 / 1
Batch No.:	Après 2 semaines de congélation	Temps de mesure en cycles:	1
Tested by:		Sensibilité x 0.04	
Temp. °C:	Ambiante (20°C)	Cuisson	20 mn
Speed mm/min:	30 mm/min	Force de pès	20 %



nous avons aussi  $M = SoLo$  (2)

$\rho$  = masse spécifique de la chair cuite

peut être calculée de la manière suivante :

$$\rho_c = 0,8 \rho_{\text{eau}} + 0,2 \rho_{\text{protéines}} \quad \rho_o = \text{masse spécifique de la chair crue}$$

$$\text{eau} = 1 \text{ g/cm}^3 \quad \text{prot.} = 1,5 \text{ g/cm}^3$$

Les coefficients 0,8 et 0,2 traduisent la composition de l'échantillon qui est supposée être 80 % eau et 20 % protéines.

$$\rho_o = 1,1 \text{ g/cm}^3$$

Dans la chair cuite, on admet que la perte de poids est due à la perte d'eau.

$$\rho = \frac{0,8 M_o - (M_o - M)}{M} \times 1 + \frac{0,2 M_o}{M} \times 1,5$$

$M_o$  : masse de l'échantillon avant cuisson

$M$  : " " après "

$$\rho = \frac{M - 0,2 M_o}{M} + \frac{0,2 M_o}{M} \times 1,5$$

$$\rho = 1 + \frac{0,2 M_o}{M} \times 0,5 = 1 + \frac{0,1 M_o}{M}$$

$$\rho = 1 + \frac{0,1 M_o}{M}$$

Dans notre cas  $M_o = 20 \text{ g}$  d'où  $\rho = 1 + \frac{2}{M}$  (3)

La formule (1) s'écrit alors :

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{S}{F \frac{1}{2}} \quad (4)$$

de la formule (2) nous calculons la valeur de S

$$S = 2 So = 2 \frac{M}{Lo}$$

On remplace S par sa valeur dans la formule (4)

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 M}{F \frac{1}{2} Lo} = \frac{M}{F \frac{1}{2} Lo} = \frac{M}{F \frac{1}{2} Lo (1 + \frac{2}{M})}$$

$F \frac{1}{2}$  et  $Lo$  sont mesurées directement sur le graphique.

$M$  est obtenue par pesage après cuisson.

## 6. Analyse organoleptique.

La texture d'un aliment étant composée de plusieurs paramètres, il serait difficile de la traduire par une valeur numérique. Pour compléter l'évaluation de la texture nous avons procédé à des mesures sensorielles.

### a. Préparation des échantillons.

Les échantillons sont préparés de la même façon que pour l'analyse instrumentale, et sont présentés au jury séparément.

### b. Méthode d'estimation.

Nous avons choisi l'échelle de SORENSSEN. Cette échelle tient compte de l'élasticité et de la dureté des échantillons ainsi que les caractères des particules de hachis (granuleux, fibreux, farineux.....) et leur rugosité.

Faute de jury bien entraîné nous nous sommes limités à 2 personnes.

Echelle de SORENSSEN

Schéma pour l'évaluation sensorielle de la texture du poisson haché cuit (d'après IKKALA, P. 1975).

	Elasticité				
	1	2	3	4	5
Sensation buccale initiale	Tend à fragmenter				Elastique
	Dureté				
	1	2	3	4	5
	Mou				Dur
Caractères des particules	<div> <div>1 Collant</div> <div>2</div> <div>3 Farineux</div> <div>4</div> <div>5 Fibreux</div> <div>6</div> <div>7 Filandreux</div> <div>8 Granuleux</div> <div>9</div> <div>10 Sablonneux</div> </div>				
	Rugosité				
	1	2	3	4	5
	Lisse				Rugueux

## 7. Mesure de la couleur.

### a. Préparation des échantillons.

Des capsules conçues pour cet usage sont remplies de chair hachée crue. Avec une spatule on essaye d'avoir une surface la plus plane possible. Les capsules sont couvertes de tous les côtés et par le bas de papier aluminium pour empêcher :

- la pénétration de toute lumière parasitant celle émise par la source du photovoltmètre
- la déperdition par réfraction de la lumière émise par la source.

### b. Matériel utilisé.

Le photovoltmètre est l'appareil choisi pour mesurer la couleur. Il comprend trois filtres : bleu, vert et ambre. Ces trois filtres sont étalonnés respectivement à 72, 72 et 71,5 par rapport à un blanc standard.

Pour chaque échantillon nous passons les trois filtres, ce qui nous donne trois valeurs qu'on note B, V, J correspondant aux trois couleurs.

A partir de ces valeurs nous calculerons  $x$ ,  $y$  et  $z$  (voir annexe) Sur un diagramme établi par la CIE (fig. 3 ) chaque échantillon est positionné à l'aide de  $x$  et  $y$ .

Si on joint ces points au point correspondant au blanc qui a comme coordonnées :  $x = 0,32$   $y = 0,31$  nous obtiendrons la valeur de la longueur d'onde dominante. La distance de ces points au blanc nous renseigne sur le degré de saturation de la couleur déterminée par la longueur d'onde obtenue.

## III. Signification des indices.

### 1. Solubilité des protéines.

Nous n'avons pas utilisé la méthode habituelle du Biuret. C'est une réaction colorimétrique obtenue en milieu alcalin avec  $\text{CuSO}_4$  s'expliquant par le complexe cuivre-peptide. Elle a été rejetée pour les éventuelles



interférences cryoprotecteurs-cuivre. En effet les groupements ROH des cryoprotecteurs s'ionisant en milieu alcalin chélatent le cuivre et retardent la vitesse de développement et l'équilibre final du chromogène caractéristique de la réaction de Biuret.

Nous nous sommes proposés de mesurer l'absorption en U.V (à 275 nm). Pour ne mesurer que les protéines myofibrillaires nous avons procédé comme décrit dans le paragraphe ( II, 4b ). Cette méthode permet non seulement d'isoler les protéines myofibrillaires du reste des protéines mais aussi d'éliminer les éventuels contaminants (substances ayant un pouvoir d'absorption à 275 nm) Ces substances pouvant se trouver aussi bien dans la solution : eau distillée - broyat que dans la solution : NaCl 5 % - broyat. Elles sont donc éliminées par différence.

Il en est de même pour la turbidité qui se trouve dans les deux solutions.

Dans le cas du chinchard, le broyat contient des gouttelettes lipidiques qui sont à l'origine de la turbidité.

En pratique, il n'est pas aussi facile de pallier ces difficultés, surtout pour les lipides. Les corps gras par abaissement de température forment des micelles qui augmentent l'absorption en U.V. Nous avons pu remarquer cette action en faisant la mesure de mêmes échantillons à températures différentes.

Nous n'avons pas contrôlé la température des échantillons qui étaient gardés généralement entre 4 et 14 heures à 0°C après centrifugation. Ce facteur est à l'origine de certaines variations dans nos mesures.

## 2. Indice texturométrique.

Nous nous sommes proposés de mesurer, à partir du graphique obtenu par le texturomètre, la force appliquée à moitié de course de la tête mobile pour la raison suivante :

dans le cas de la chair fraîche, l'échantillon présente une cohésion et est brisée par application de la force. Alors que la chair congelée plus ou moins longtemps perd cette cohésion et le graphique ne montre pas de brisure (voir fig. 3 )

C.I.E. CHROMATICITY DIAGRAM  
ACCORDING TO THE  
1931 C.I.E. STANDARD OBSERVER  
AND COORDINATE SYSTEM

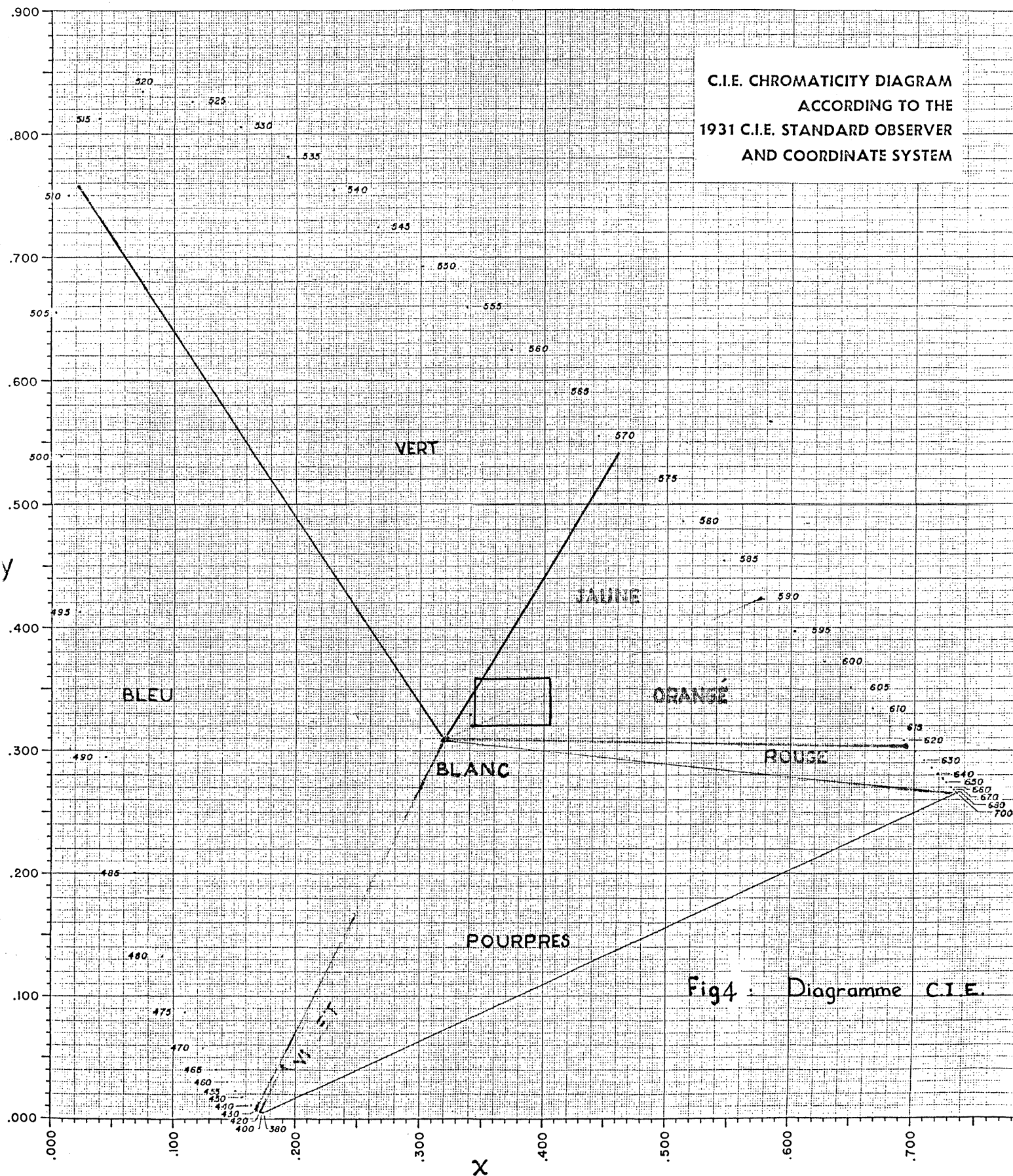


Fig4 : Diagramme C.I.E.

Ainsi nous avons préféré mesurer la force appliquée à moitié de course car la force de brisure n'est pas toujours déterminée.

Il en découle que ce que nous avons mesuré est la durété des échantillons. Pour mieux s'assurer de la méthode, nous avons étudié l'influence du sel, du pH et de l'eau sur la cohésion des échantillons de chair fraîche de lieu noir. Les résultats de ces expériences sont les suivants :

a) Influence de l'addition d'eau et de sel.

(voir graphique p. 68bis )

b) Influence du pH et de la teneur en sel.

(voir graphique p. 68bis ).

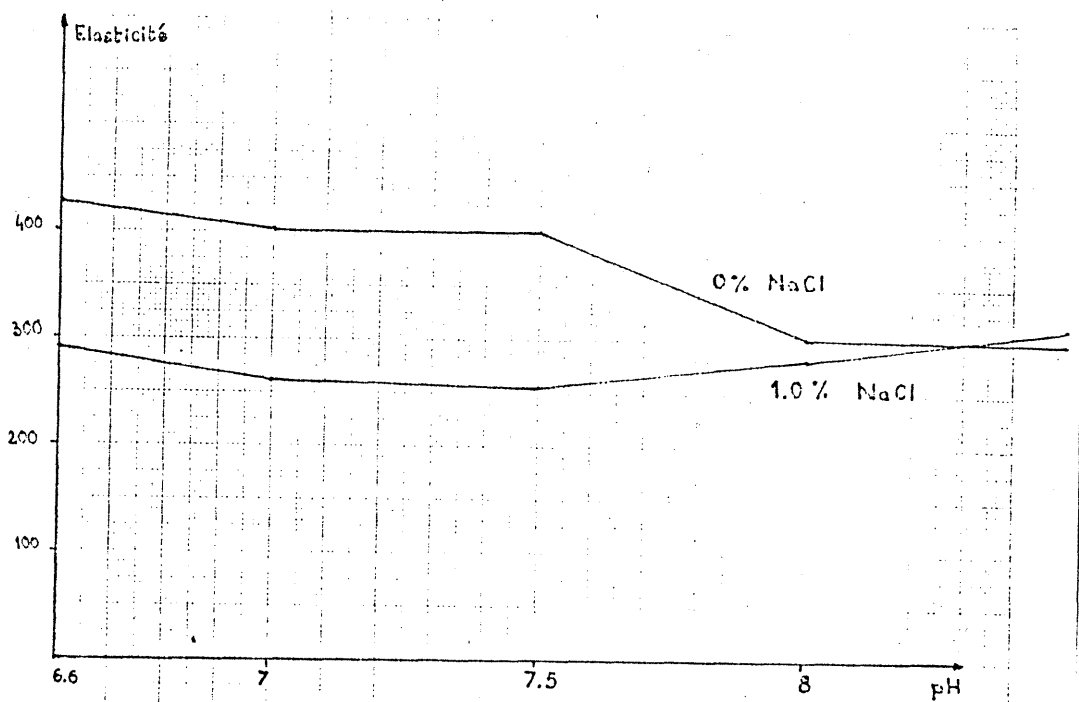
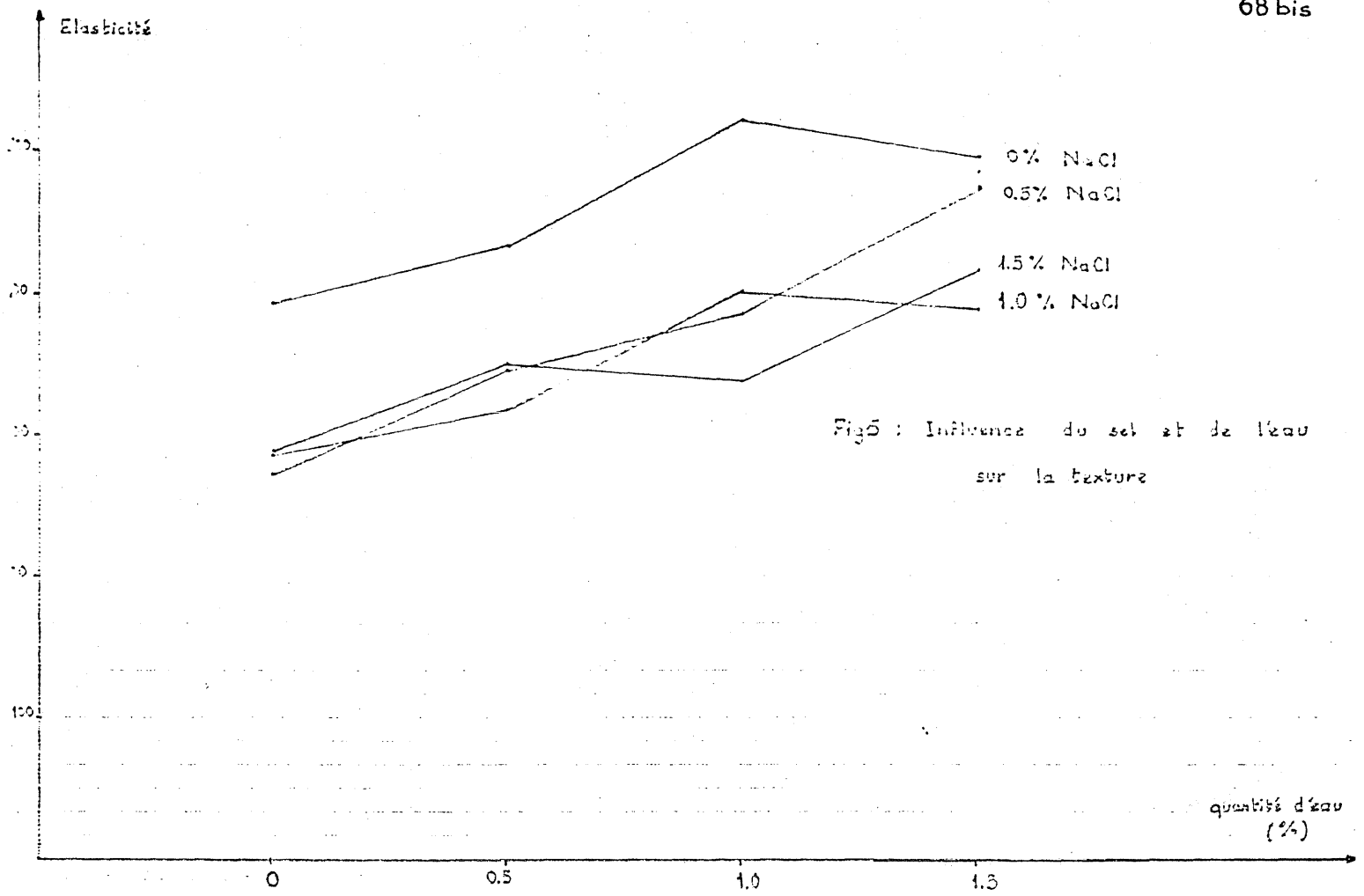
. Influence de l'eau : plus la quantité d'eau ajoutée est importante, plus la chair est molle. Cette eau n'est vraisemblablement pas liée aux protéines. SUN PAN et al. mesurant la force de brisure, montrent que celle-ci diminue avec le pourcentage d'eau ajoutée.

. Influence du sel : plus la quantité de sel ajoutée est importante plus la chair est dure, bien qu'au-delà de 0,5 % son influence soit moins remarquable. Le sel sera dissout dans l'échantillon, les protéines en présence d'une solution saline vont se dissoudre à leur tour. Il se forme alors un gel de cohésion à l'intérieur de l'échantillon qui augmente sa résistance à la compression.

. Influence du pH : si on augmente le pH, les protéines s'éloignant de leur point isoélectrique absorbent de plus en plus d'eau et forment comme dans le cas de sel un gel de cohésion qui augmente la résistance des échantillons. En présence de sel, l'effet du pH reste le même que dans le 1er cas jusqu'à une certaine limite. En effet, lorsque le pH  $\nearrow$  7,5 en présence de 1 % de NaCl l'action de cimentage avec formation de gel de protéines sera masquée par une absorption d'eau importante qui ramollit la chair.

c) Précision de la méthode.

La mesure instrumentale est sujette à plusieurs sources d'erreur :



- les échantillons sont préparés comme décrit au paragraphe II 5.b  
L'expérimentateur peut induire des erreurs dues à la différence de tassement de la chair.

- les variations individuelles dues à l'échantillonnage  
- le temps écoulé entre le hachage (pour les échantillons frais) ou la décongélation (échantillons congelés) et la cuisson n'a pas été contrôlé.  
Il serait possible qu'une attente prolongée permette la dénaturation des protéines et par delà même le durcissement des échantillons.

- le temps écoulé entre la cuisson et la mesure au texturomètre n'a pas été contrôlé. Généralement, les échantillons sont gardés entre 4 et 14 H à température ambiante. Pendant ce temps il peut se produire un durcissement

Nous définissons deux coefficients de variation pour deux séries de mesures différentes. Les valeurs obtenues sont une estimation de la précision de la méthode. Pour chaque traitement nous avons préparé au moins deux échantillons, ce qui permet d'avoir l'erreur standard sur chaque mesure.

$$\text{Coefficient de variation} = \frac{\text{Erreur standard}}{\text{Valeur mesurée}} \times 100$$

#### Exemple n° 1.

Mesure de l'élasticité des échantillons préparés à partir du chinchard après 2 semaines d'entreposage)

./.

Extrait du tableau 12 en annexe

Echantillons	Elasticité	Ecart type	Coeff. de s* (%)
non lavé non traité	192	9	4,7
non lavé, traité	219	4	1,8
lavé, non traité	98	7	7,1
lavé, traité	101	7	6,9
pyruvate	179	31	17,3
EDTA	180	10	5,6
Sorbitol	226	19	8,4
pyruvate + sorbitol	217	16	7,4
EDTA + pyruvate	159	0	0
EDTA + sorbitol	192	30	15,6
Moyenne			7,48

Exemple n° 2.

Mesure de l'élasticité des échantillons préparés à partir de lieu noir avant congélation.

Echantillons	Elasticité	Ecart type	Coeff. de s.* (%)
non lavé, non traité	178	28	15,7
non lavé, traité	179	35	19,6
lavé, non traité	96	7	7,3
lavé, traité	118	1	0,8
			10,85

\* s. = variation.

./.

De ces calculs il apparait que l'erreur commise sur cette mesure est de 10,85 %, ce qui permet d'espérer en améliorant les conditions de traitements d'avoir une précision meilleure.

### 3. Corrélation - tests instrumentaux - tests sensoriels.

La standardisation des mesures instrumentales de la texture pose un grand problème. Une mesure objective est toujours associée au degré de corrélation avec le sens humain seul juge de la qualité. Cette approche a eu beaucoup de mérite malgré les divers pièges qu'elle représente. L'appréciation directe des caractères organoleptiques au moyen de tests exécutés par une ou plusieurs personnes, soulève des difficultés bien connues sauf dans le cas de comparaisons des produits très différents. Le jugement porté par un même sujet peut varier d'une épreuve à l'autre. D'un sujet à l'autre le jugement peut ne pas être le même. A ces sources \*intra et inter-sujets, s'ajoute souvent la variabilité propre aux objets mêmessoumis au test.

Plusieurs méthodes statistiques sont mises au point pour pallier ces difficultés.

Le domaine des caractères organoleptiques étant très subjectif, les problèmes de "mesures" sont encore loin d'être parfaitement éclaircis ; leur approfondissement ne pourra se faire que par collaboration entre les chercheurs et ceux qui sont confrontés avec les exigences de l'application pratique.

Les aléas ne manquent pas aussi bien dans les mesures instrumentales que dans les mesures sensorielles. Enfin une corrélation entre deux mesures aussi subjectives et fluctuantes l'une que l'autre s'avère très délicate. Il en reste que les mesures instrumentales ne sont jusqu'alors prises en considération que si elles correspondent aux prévoyances de l'opérateur et coïncident avec le jugement sensoriel.

Toutefois, il y a faible corrélation entre les mesures instrumentales et sensorielles car la texture est un spectre de paramètres que tous les appareils n'en détectent qu'une partie et seul l'homme peut l'examiner en entier et en une seule évaluation.

Deux expériences ont fait l'objet de cette étude.

./.

\*de variation

Expérience n° 1.

- Matière première : carcasses de lieu noir grattées et lavées
- Préparation : deux lots :
  - un lot lavé ( échantillon non traité  
échantillon traité )
  - un lot lavé ( échantillon traité  
échantillon non traité )
- Traitement : EDTA 300 ppm, sorbitol 4 %, pyruvate 0,3 %
- Congélation à - 40°C
- Stockage à - 20°C
- Décongélation à 0°C - +4°C pendant 24 heures.

Quatre prises de chaque échantillon sont préparés à la manière décrite dans le § II.5 b . Deux sont soumis au test sensoriel, les deux autres au test instrumental.

## Résultats.

- test sensoriel.

Echantillons	Non lavé, non traité			Non lavé, traité			Lavé, non traité			Lavé, traité		
Temps Paramètres	0 j	1 s	2 s	0 j	1 s	2 s	0 j	1 s	2 s	0 j	1 s	2 s
Elasticité	1	3,5	3	1,5	2,5	3	3	3,5	1,5	2	3	2
Dureté	1,5	4	3	2	2	2	4	4,5	4	3	3	3
Caractère des particules	9	8	8	8	5,5	6	8	9	9	5	8	7
Rugosité	4	4	4	4	3	3	4	4,5	4	3	4	4
Remarques	saveur atté- nuée. <sup>t</sup> Légèr. vian- deux	/	saveur peu agréa- ble	sucré	légèr. <sup>t</sup> sucré au début sucré à la masti- cation	sucré	fade	fade	fade	fade légèr. <sup>t</sup> sucré	fade très légèr. <sup>t</sup> sucré	fade



- Test instrumental. Mesure de l'élasticité.

Entreposage Echantillons	0 jour	1 semaine	2 semaines
Non lavé, non traité	178	112	148
Non lavé, traité	179	141,5	157
Lavé, non traité	96	125	196
Lavé, traité	118	196	173

Détermination du coefficient de corrélation (r).

$$r = b \frac{S_x}{S_y} \quad (\text{DIXON et MASSEY})$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{N}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{N}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{N}}{N - 1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{N}}{N - 1}}$$

$Y_i$  : valeurs de l'élasticité obtenues par la mesure de la texture par la méthode instrumentale

$X_i$  : valeurs obtenues par la mesure sensorielle de la texture (pour chacun des 4 paramètres.)

Nous calculerons le coefficient de corrélation de chacun des 4 paramètres de la mesure sensorielle avec la mesure instrumentale (élasticité).

Les résultats figurant dans les deux tableaux précédents sont illustrés dans la figure 7. De même pour les différents coefficients de corrélation. Aucune mesure sensorielle ne peut être corrélée avec la mesure instrumentale car selon la table des valeurs théoriques de r et dans le cas

où  $N = 12$  (nombre d'essais),  $r$  doit être supérieure à 0,597 pour admettre l'hypothèse qu'il y ait une corrélation entre les mesures testées avec une erreur de 5 %.

### Expérience n° 2.

Nous avons fait les mêmes préparations avec du hachis de chinchard.

### Résultats.

#### Test sensoriel.

Echantillons	Non lavé, non traité				Non lavé, traité				Lavé, non traité				Lavé, traité			
	0j	2 s	4 s	8 s	0j	2 s	4 s	8 s	0j	2 s	4 s	8 s	0 j	2 s	4 s	8 s
Temps d'entreposage (semaines)																
Elasticité	1,5	4	2	3,5	2	3,5	2,5	2	3	2,5	4	4,5	2	3	4	
Dureté	4	2	2,5	3,5	3	2	3	2	4,5	4,5	4,5	4,5	4	3,5	4,5	
Caractère des particules	8	5	7	6,5	6	5	6,5	5	7	7	8	8	7	6,5	8	
Rugosité	4	3	3,5	3,5	3	2	3,5	2,5	4	4,5	4,5	4,5	4	4	4	
Remarques	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	p	r

- a : Saveur chinchard légèrement atténuée  
 b : /  
 c : /  
 d : Saveur bonne  
 e : légèrement sucré  
 f : sucré  
 g : sucré  
 h : saveur étrangère, légèrement sucrée  
 i : très fade et aqueux  
 j : /  
 k : /  
 l : fade  
 m : trop sucré  
 n : peu agréable  
 p : légèrement sucré  
 r : /

./.

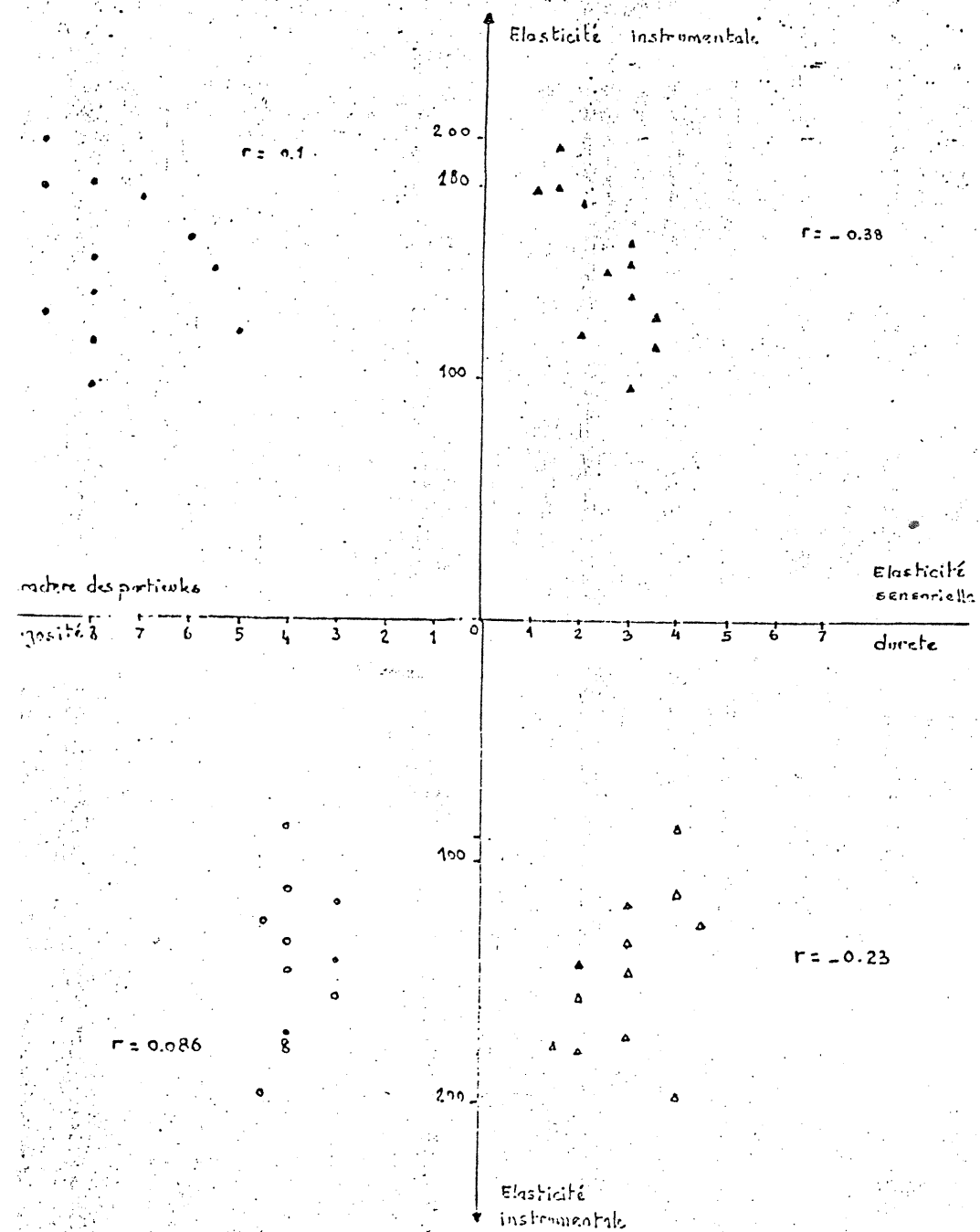


Fig 7 : Correlation tests instrumentaux - tests organoleptiques  
Exp n°1

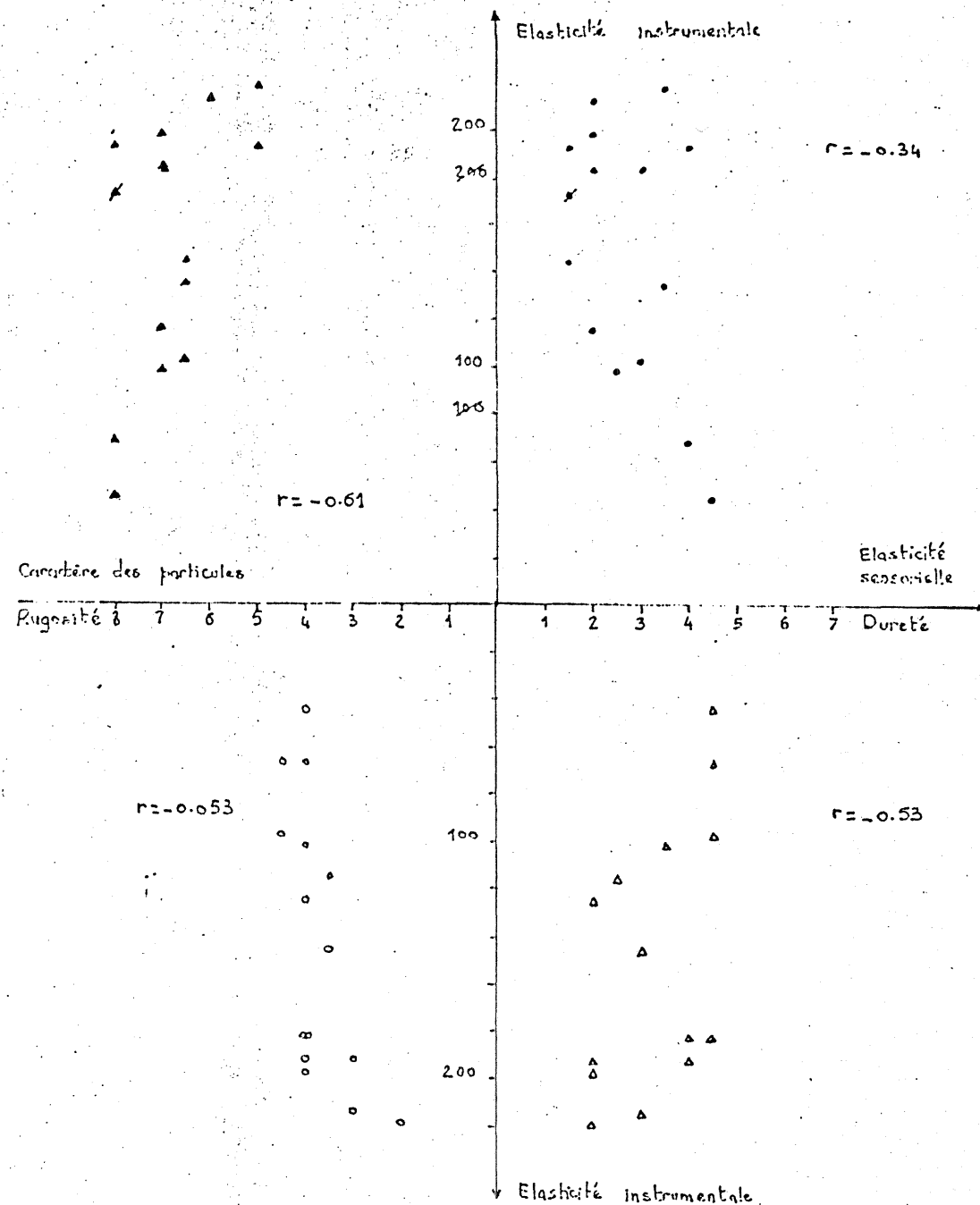


Fig 8 : Correlation tests instrumentaux - tests organoleptiques  
Exp n°2

## Test instrumental : mesure de l'élasticité.

Entreposage Echantillons	0 jour	2 semaines	4 semaines	8 semaines
Non lavé, non traité	191,5	192	116,5	134,5
Non lavé, traité	213	219	144,5	198
Lavé, non traité	182,5	98	68,5	45
Lavé, traité	182	101	68,5	/

De la même façon que la 1ère expérience, les résultats figurant dans les deux tableaux précédents sont illustrés par la figure

Dans ce cas il y a corrélation entre la mesure instrumentale de la texture et la dureté mesurée par le test sensoriel avec une erreur de 5 %. Cette erreur est de 2,5 % seulement dans le cas de la corrélation mesure instrumentale - mesure sensorielle des caractères des particules.

$r_{\text{théorique}} = 0,497$  pour une erreur de 5 %

$r_{\text{théorique}} = 0,576$  pour une erreur de 2,5 %

Pas de corrélation avec l'élasticité déterminée sensoriellement et la rugosité.

#### IV. Résultats.

Dans ce chapitre nous présenterons les résultats obtenus pour les différents tests (dosage des protéines myofibrillaires extractibles, mesure de la texture au texturomètre T 5001 et la mesure de la couleur) sous forme de graphiques. Les valeurs chiffrées figurent dans les tableaux en annexe.

##### 1. Expérience n° 1.

Nous rappelons que dans cette expérience le lieu noir (arêtes centrales) qui a servi de matière première n'a pas été gratté. Chaque cryoprotecteur est testé sur un échantillon lavé et un autre non lavé.

- Dosage des protéines myofibrillaires extractibles (fig. 9).

Le taux initial de protéines extractibles est très variable, cela est dû à la qualité de matière première non contrôlable d'une part et d'autre part le temps zéro (mesure avant congélation) correspond en pratique à une journée de réfrigération des échantillons à 0°C : pour des raisons pratiques nous n'avons pas pu faire les mesures immédiatement après le traitement. Il est à remarquer que le taux de protéines extractibles des échantillons lavés est inférieur à celui des échantillons non lavés. Cela confirme l'hypothèse que l'eau de lavage draine une quantité de protéines hydrosolubles et le lessivage emporte les fines particules de chair qui peuvent passer à travers les mailles du passoir.

Après 15 jours d'entreposage pour tous les échantillons non lavés et le témoin lavé le taux de protéines est inférieur à 20 % du taux initial à l'exception du dextrose légèrement supérieur.

Les échantillons lavés ont une teneur en protéines supérieure à celle des échantillons non lavés. Le Lab 230, le M01 et le dextrose empêchent leur insolubilisation, le Lab 265 n'a pas d'effet évident.

Après un mois d'entreposage à  $-20^{\circ}\text{C}$ , le taux de protéines extractibles n'est que de 5 à 10 % pour tous les échantillons lavés ou non lavés, traités ou non traités.

- Mesure de la texture.

De la figure 10 nous concluons :

tous les échantillons durcissent rapidement. Ce durcissement est survenu durant les premiers 15 jours d'entreposage. Les échantillons non lavés sont plus tendres au départ que les lavés mais durcissent plus vite pendant l'entreposage. Au bout de 15 j les échantillons non lavés sont plus durs, nous avons vu qu'ils contiennent moins de protéines. Dans un délai d'un mois d'autres facteurs que la dénaturation des protéines interviennent. L'évolution du durcissement est alors confuse et difficilement explicable. Des graphiques il ressort que le traitement au Lab 265 a pour effet d'attendrir la chair hachée du lieu noir et ceci sans avoir empêché la dénaturation des protéines. Cet effet est principalement dû à la rétention d'eau dans les échantillons de poisson cuit.

- Mesure de la couleur.

Nous avons reporté les valeurs de  $\lambda$  en fonction de la longueur d'onde dominante ( $\lambda$ ) correspondant à chaque échantillon et à divers temps d'entreposage sur un graphique (fig. 11).

Nous remarquons deux nuages de points :

- l'un correspondant aux échantillons lavés
- l'autre " " non lavés.

Il s'avère que le lavage a pour effet de diminuer la longueur d'onde c'est à dire de quitter la zone de couleur orangée à celle du jaune. En outre, les échantillons non lavés ont une faible brillance ( $Y$ ). L'entreposage ne fait pas varier de beaucoup cette brillance ni la longueur d'onde  $\lambda$ . Dans le cas des échantillons lavés la brillance initialement plus forte diminue avec l'entreposage mais n'atteint pas les valeurs obtenues avec les échantillons non lavés.

Le lavage aurait alors pour effet de diminuer  $\lambda$  et d'augmenter  $Y$ . Quant aux différents additifs, ils n'ont aucune influence sur la couleur.

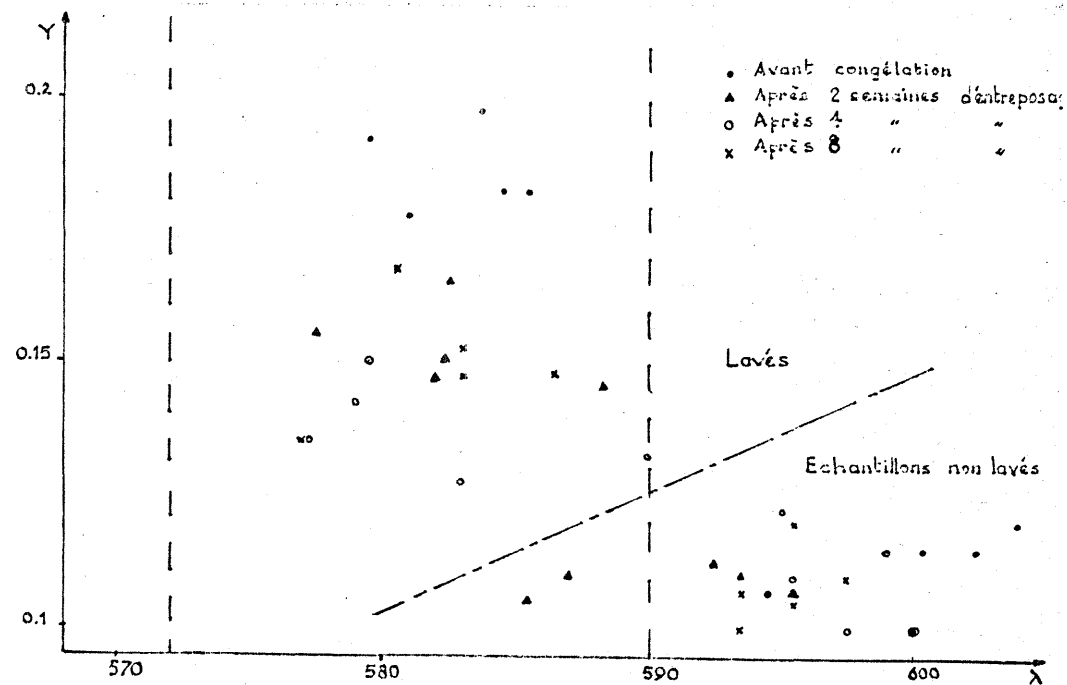
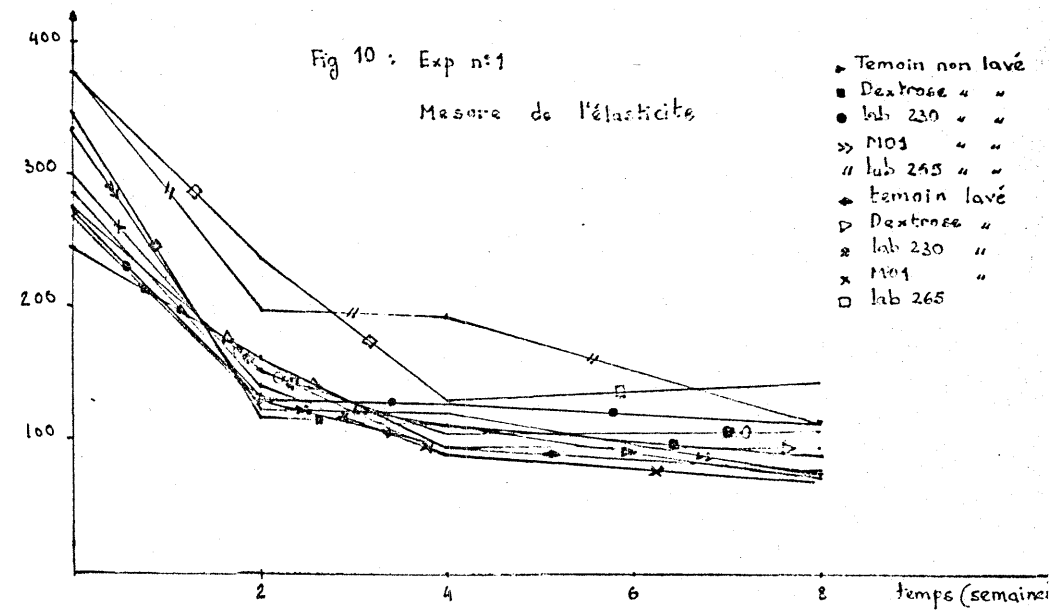
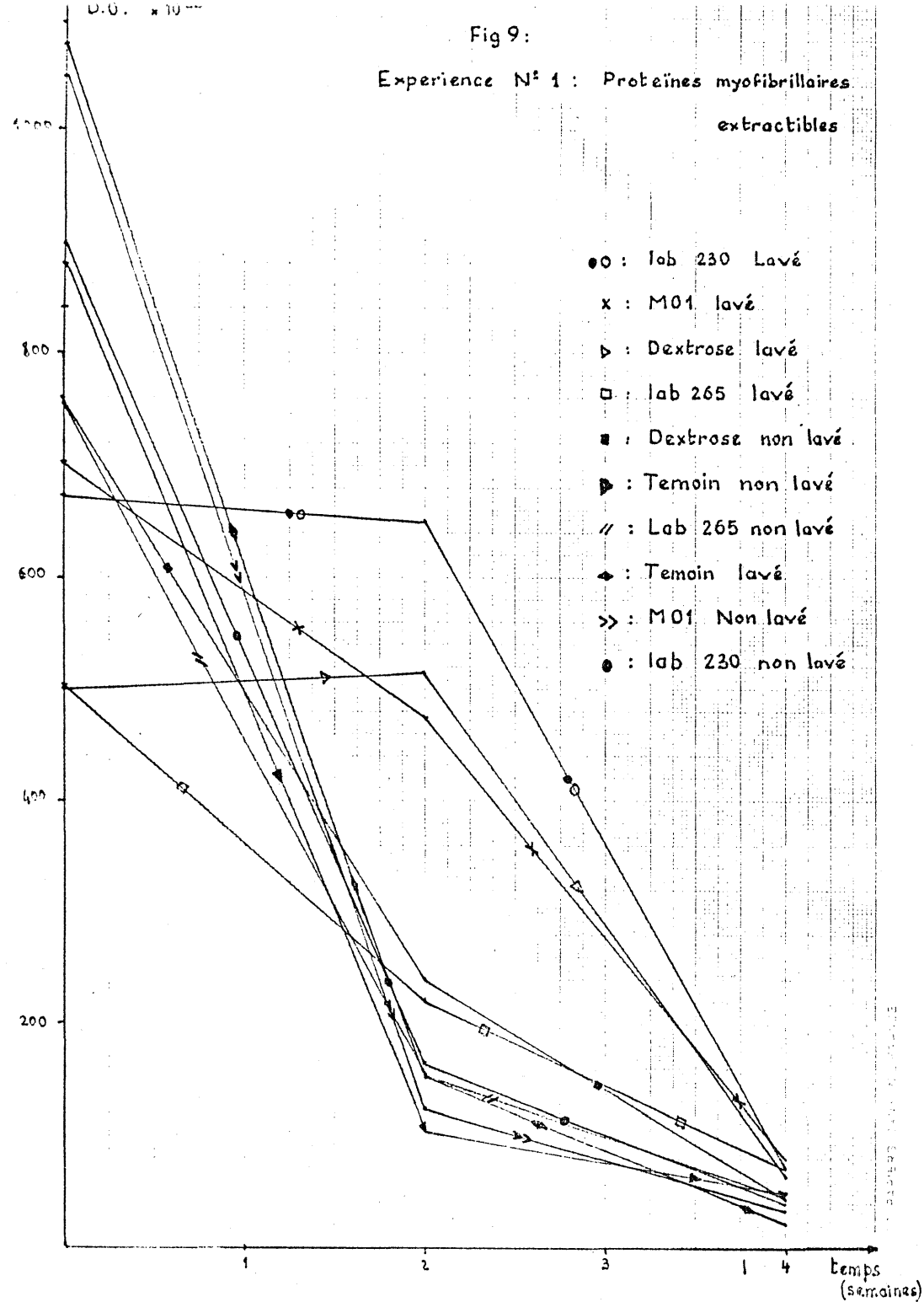


Fig 11 : Mesure de la couleur Experience N°1

## 2. Expérience n° 2.

Comme dans l'expérience précédente, les carcasses de lieu noir ont simplement été lavées sous un jet d'eau sans être grattées. Nous avons fait deux séries d'analyses sur des échantillons lavés et non lavés. Les mesures ont été faites avant congélation, au bout de 15 j et un mois.

### - Dosage des protéines myofibrillaires (fig. 12).

Nous remarquons la grande variabilité de la teneur initiale des protéines. Les explications sont exposées dans l'expérience n° 1. Dans ce cas, nous signalons que le taux de protéines extractibles est inférieur à celui du cas précédent. Cela nous laisse supposer que le poisson a été congelé ou tout au moins gardé assez longtemps en glace.

Après 15 j d'entreposage, seuls les échantillons traités avec du sorbitol gardent une teneur en protéines extractibles relativement élevée et surtout l'échantillon lavé et traité uniquement au sorbitol : 48 % de la teneur initiale dans le cas de la chair lavée et 16 % seulement pour l'échantillon non lavé. Au bout d'un mois on retrouve les échantillons lavés et traités au sorbitol ou au sorbitol + EDTA en tête.

Il s'avère alors qu'avec lavage, l'effet des cryoprotecteurs se trouve accentué.

Nous concluons qu'il est donc bénéfique de laver et de traiter au sorbitol.

### - Mesure de la texture.

Les résultats obtenus (tableau 5 en annexe) illustrés par le graphique (fig. 13) montrent que les échantillons sont plus durs au temps zéro que dans le cas de la 1ère expérience. Cela confirme l'hypothèse que le poisson était congelé. Aucun effet **texturisant** du sorbitol ou de l'EDTA n'a été remarqué. Quant au MO5, il provoque un durcissement dès le premier jour. L'effet du lavage est analogue à celui de la première expérience.

### - Mesure de la couleur.

La distribution des points par rapport à l'axe des Y sur le graphique  $Y = f(\lambda)$  (fig. 14) nous montre trois nuages de points correspondant aux :

- échantillons lavés dont la couleur est mesurée avant congélation



D.O.  $\times 10^{-3}$

Fig 12

Experience N°2 : Protéines myofibrillaires  
extractibles.

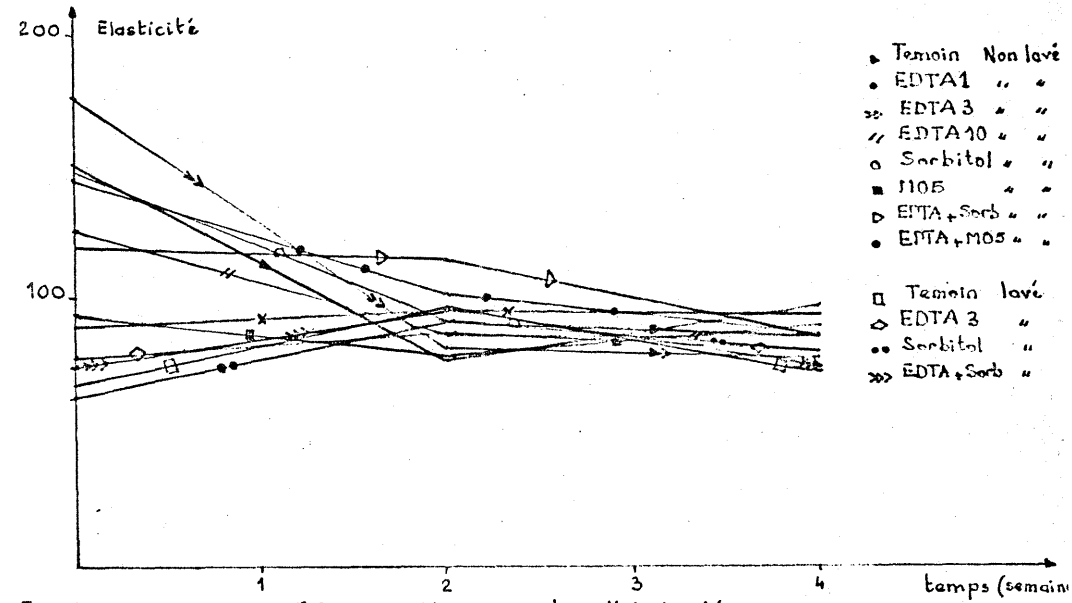
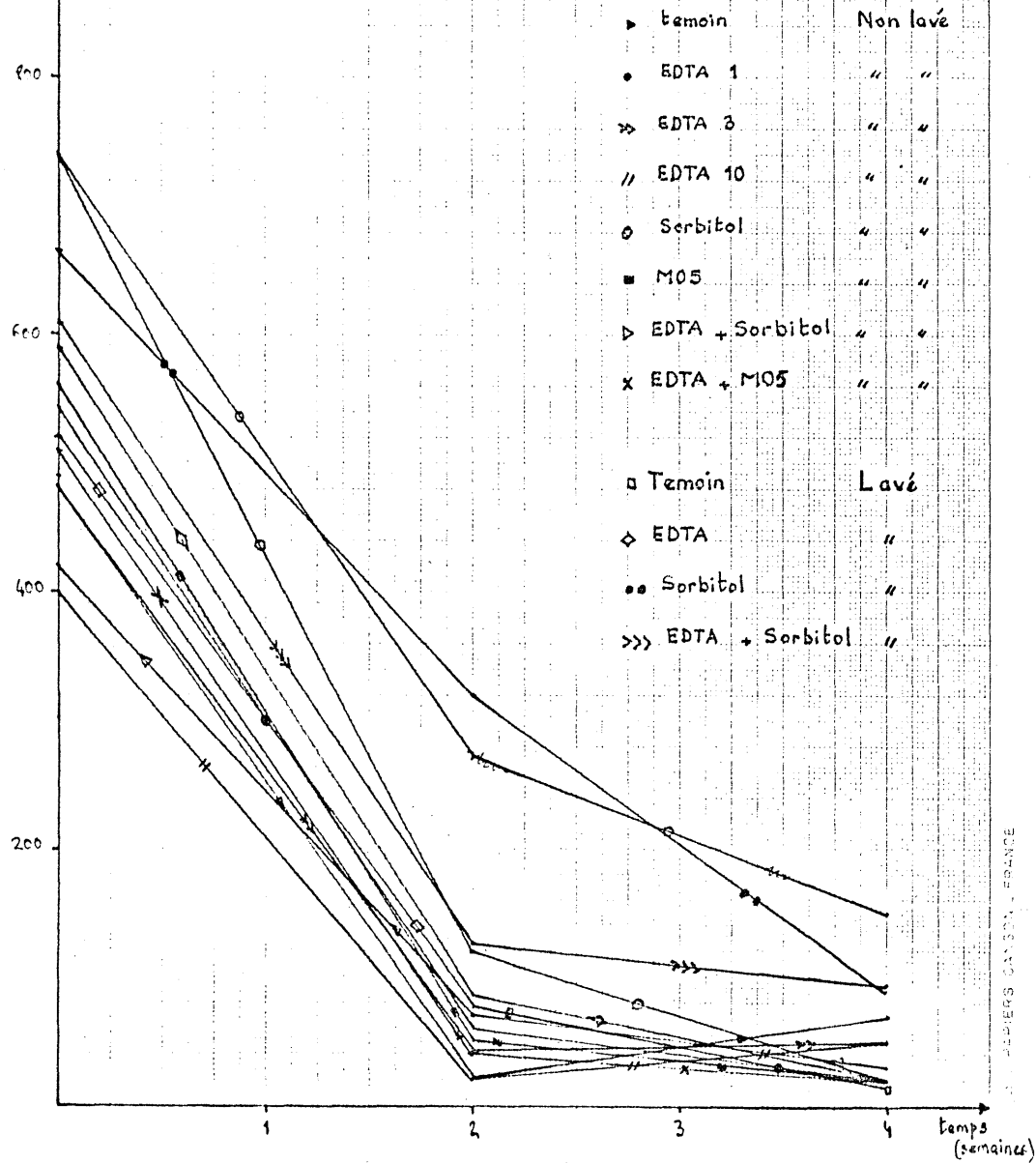


Fig n°13 : Experience N°2 : Mesure de l'élasticité

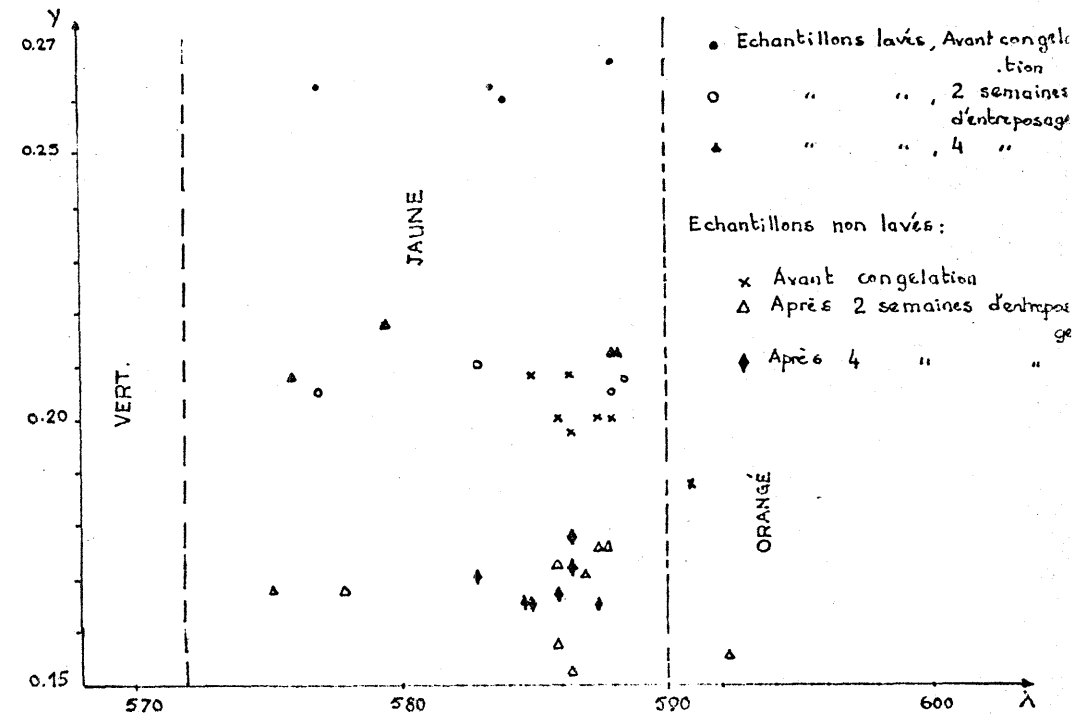


Fig n° 14 Experience N°2 : Mesure de la couleur.

. échantillons lavés dont la couleur est mesurée après différents temps d'entreposage à  $- 20^{\circ}\text{C}$ .

. échantillons non lavés.

Dans cette distribution nous notons que le lavage augmente la brillance qui sera perdue par entreposage à froid mais qui n'atteint pas les valeurs de  $Y$  correspondant aux échantillons non lavés. La longueur d'onde dominante n'est pas diminuée par le lavage, nous expliquons cette observation par le fait que le poisson étant congelé, la chair avait déjà pris la couleur.

La distribution par rapport à l'axe des  $\lambda$  est analogue pour les trois nuages de points. La longueur d'onde dominante est pour tous les échantillons dans le domaine du jaune.

### 3. Expérience n° 3.

Dans cette expérience, le poisson utilisé a été partiellement congelé avant la mise en filet. Les carcasses de lieu noir ont été lavées et grattées. Le hachis obtenu est traité sans lavage.

Nous signalons qu'une décongélation accidentelle s'est produite à 17 j d'entreposage à  $- 20^{\circ}\text{C}$ . Elle a duré 24 heures.

- Dosage des protéines solubles.

Nous avons testé l'effet des sucres : dextrose, Lab 230 et M05, de polyalcools : sorbitol, glycérol et lycasin, de substances diverses : EDTA et pyruvate et une combinaison EDTA + pyruvate + sorbitol.

Les résultats dans le tableau 7 (en annexe) sont illustrés par la figure 15.

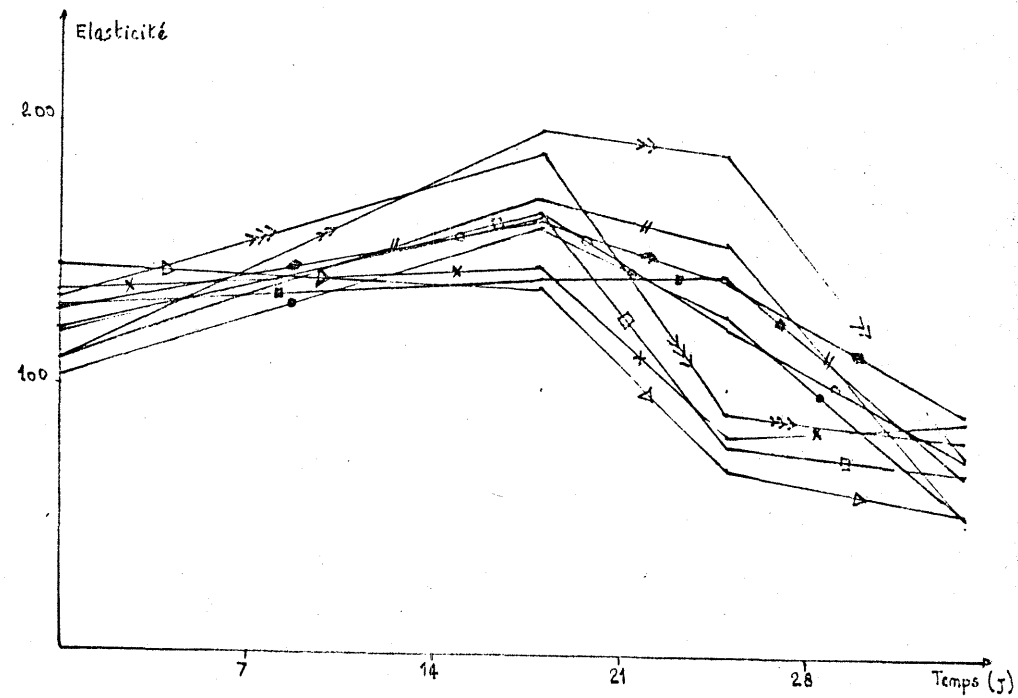
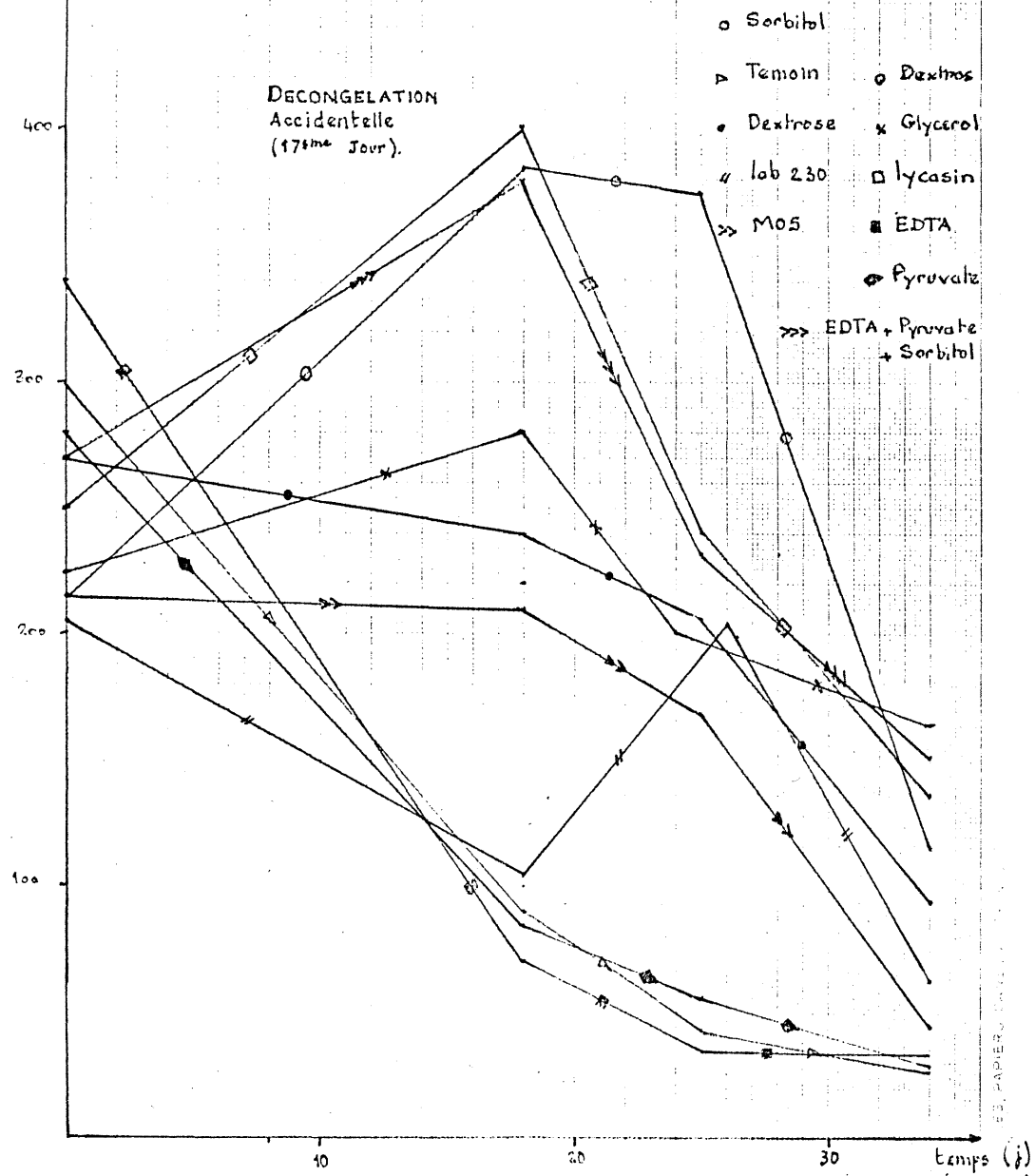
La chute de la teneur en protéines extractibles pour le témoin est assez rapide. La même baisse a été remarquée dans le cas du traitement avec les substances spécifiques EDTA et pyruvate.

Les polyalcools ont un pouvoir solubilisant supérieur à celui des sucres.

Fig 15:

Experience N°3 : Protéines myofibrillaires extractibles

DECONGELATION  
Accidentelle  
(17<sup>ème</sup> Jour).



Fig<sup>n</sup>16 Experience N°3. Mesure de l'élasticité

Après 25 jours d'entreposage à - 20°C tous les échantillons traités aux polyalcools gardent plus de 90 % du taux initial de protéines myofibrillaires. Ceux traités aux sucres en gardent plus de 70 %. Après 34 jours, avec les polyalcools le taux de solubilisation est de 50 % et plus, alors qu'avec les sucres seul le dextrose le maintient à 30 %. Le Lab 230 et le M01 ne diffèrent pas de trop du témoin.

Dans le cas de l'échantillon traité avec une combinaison de Sorbitol, d'EDTA et de pyruvate, l'effet du sorbitol n'est pas diminué par l'action du pyruvate et du sorbitol.

#### - Mesure de la texture (fig 16).

La texture à l'origine est plutôt dure, tout se passe comme si la décongélation accidentelle avait provoqué un ramollissement de la chair. Si nous prenons comme référence l'élasticité après décongélation pour le reste des mesures, il s'avère que le durcissement est moins rapide que dans les cas précédents.

A titre de comparaison les **sucres** et les substances spécifiques ont un effet texturant semblable et légèrement supérieur à celui des polyalcools jusqu'à 25 jours d'entreposage.

Après 34 jours toutes les valeurs de l'élasticité sont faibles et peu différentes.

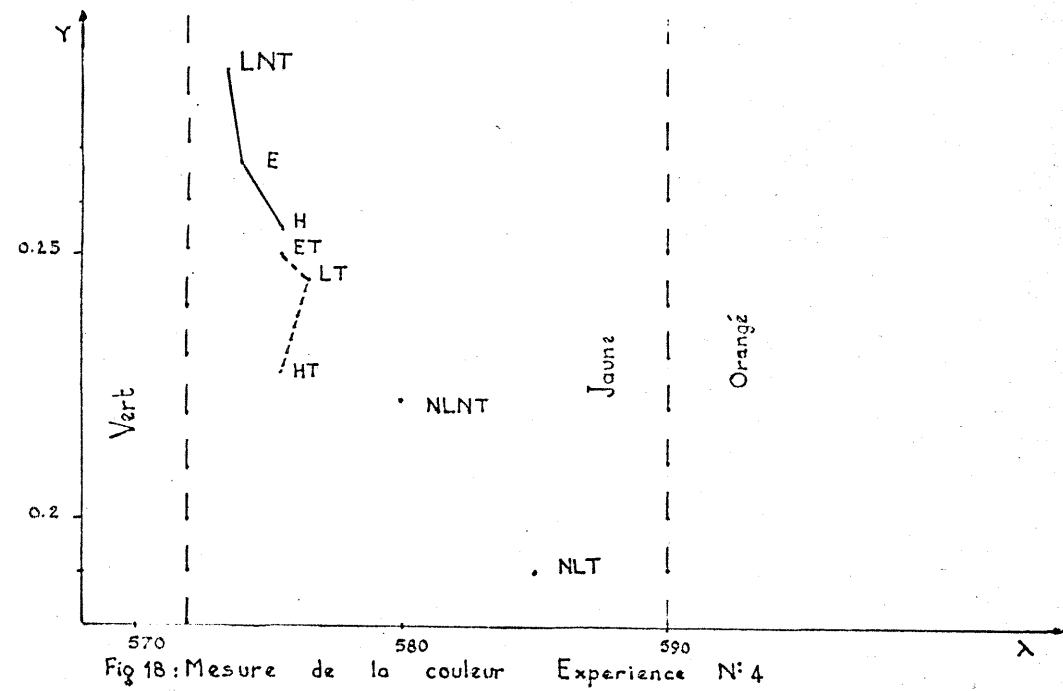
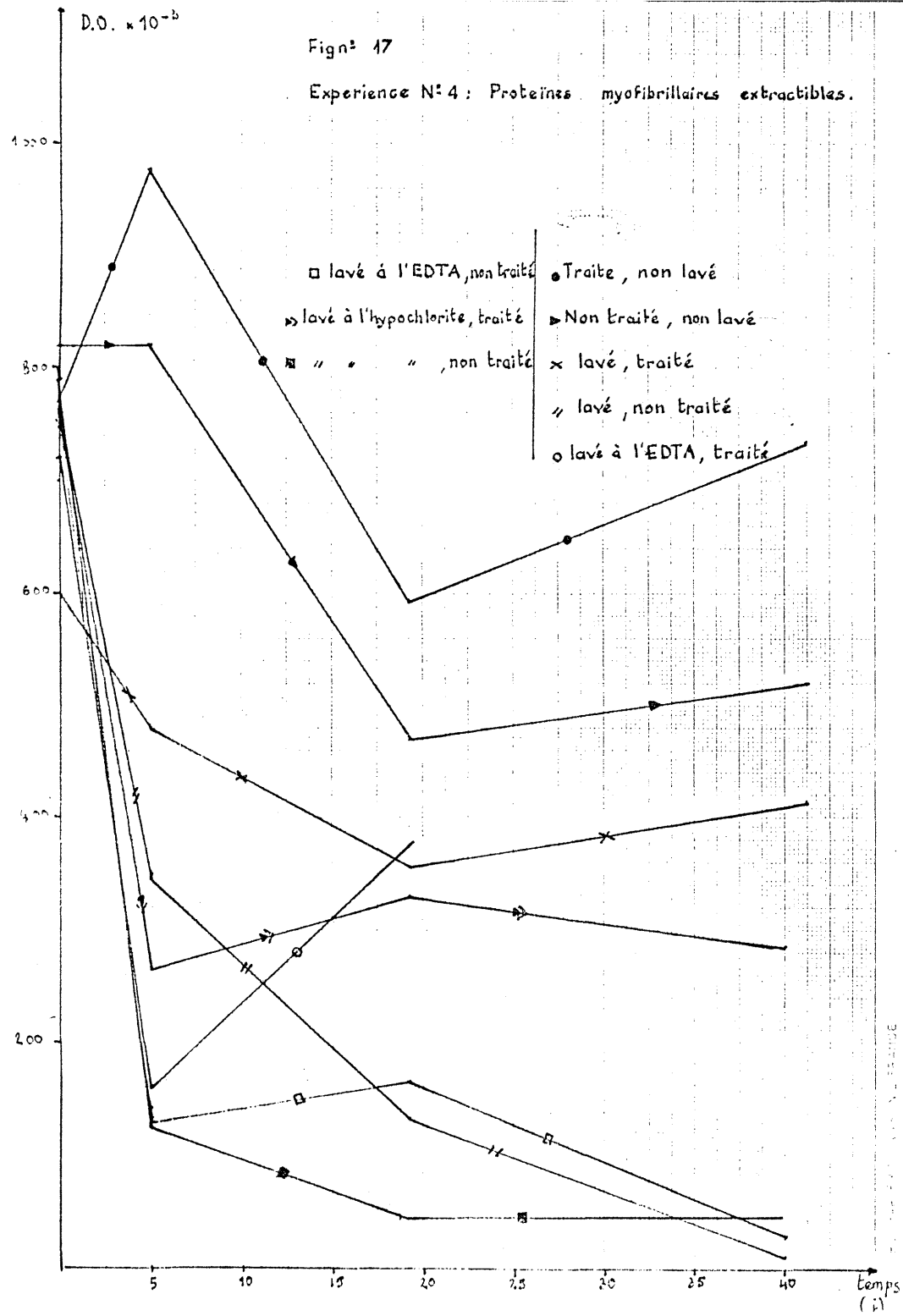
#### 4. Expérience n° 4.

est

Dans cette expérience, le principal but/de mieux connaître l'effet du lavage de la chair après hachage. Les carcasses de lieu noir ont été préalablement lavées et grattées. Un traitement au sorbitol et à l'EDTA a été effectué sur chaque échantillon. Le lavage a été fait soit à l'eau, soit à une solution d'hypochlorite ou à une solution d'EDTA. Une décongélation accidentelle s'est produite après 4 jours d'entreposage.

#### - Dosage des protéines solubles. (fig. 17).

Pour chaque catégorie de lavage, nous avons laissé un témoin non traité. L'effet du traitement est évident (voir tableau 9 en annexe).



La combinaison EDTA et sorbitol diminue l'insolubilisation des protéines. La teneur en protéines extractibles étant supérieure pour chaque échantillon traité au témoin correspondant.

Les échantillons non lavés gardent un taux de protéines extractibles très supérieur à ceux des échantillons lavés jusqu'à 42 jours d'entreposage.

Notons aussi que le lavage à l'hypochlorite favorise particulièrement l'insolubilisation des protéines. Il en ressort qu'il est préférable de ne pas laver la chair après hachage et qu'un lavage sous jet d'eau et un grattage suffisent. Cette conclusion est confirmée par le fait que les échantillons non lavés dans cette expérience ne voient pas leur taux de protéines extractibles diminuer d'une façon draconienne comme c'était le cas pour les expériences précédentes.

#### - Mesure de la couleur.

Une seule mesure a été faite (avant congélation), nous n'avons pas jugé nécessaire de suivre l'évolution de la couleur durant l'entreposage compte tenu des résultats obtenus précédemment. Les résultats de cette mesure figurent dans le tableau 10 (en annexe) et sont représentés dans le graphique fig. 18.

Nous déduisons, comme dans la 1ère expérience que le lavage diminue la longueur d'onde dominante et permet ainsi de s'approcher de la couleur verte et aussi d'augmenter la brillance Y.

Le traitement diminue la brillance sans trop changer la longueur d'onde dominante.

#### Expérience n° 5.

Nous avons utilisé du chinchard tranché pour faire du hachis. Le lavage et le traitement au pyruvate, au sorbitol et à l'EDTA ont fait l'objet de cette expérience.

#### - Dosage des protéines solubles.

Les résultats du tableau 11 (en annexe) et la figure 19 montrent qu'il y a peu de variation entre les échantillons lavés et ceux non lavés. Le taux de protéines solubles varie d'une manière insignifiante.

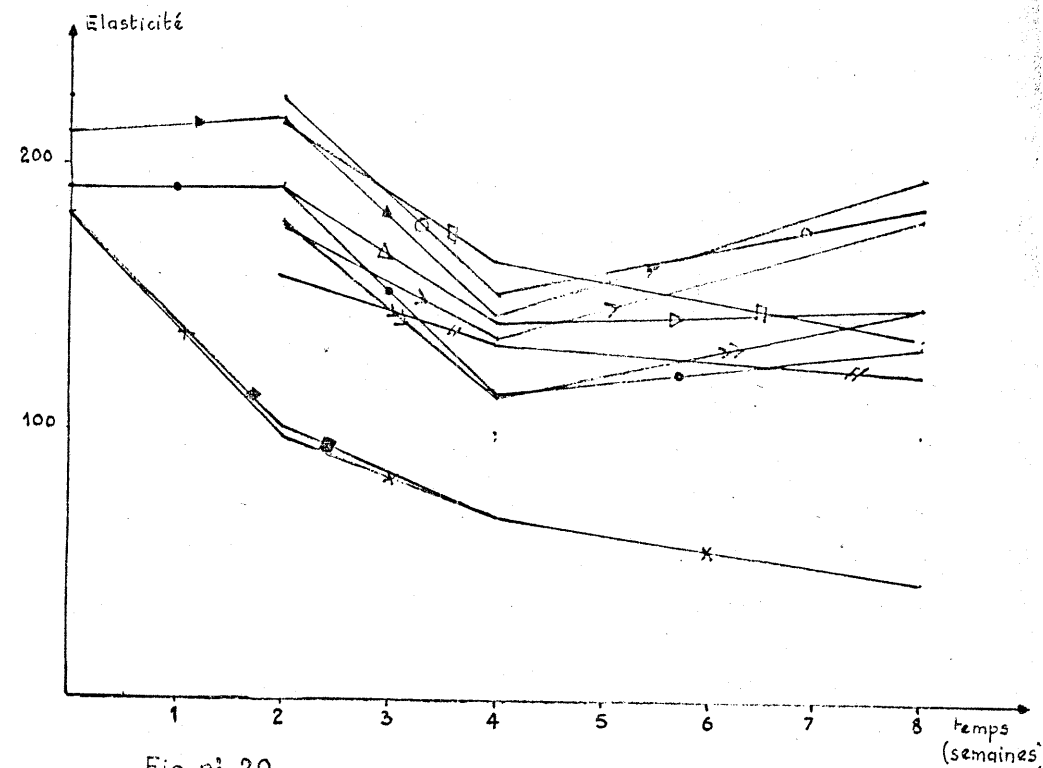
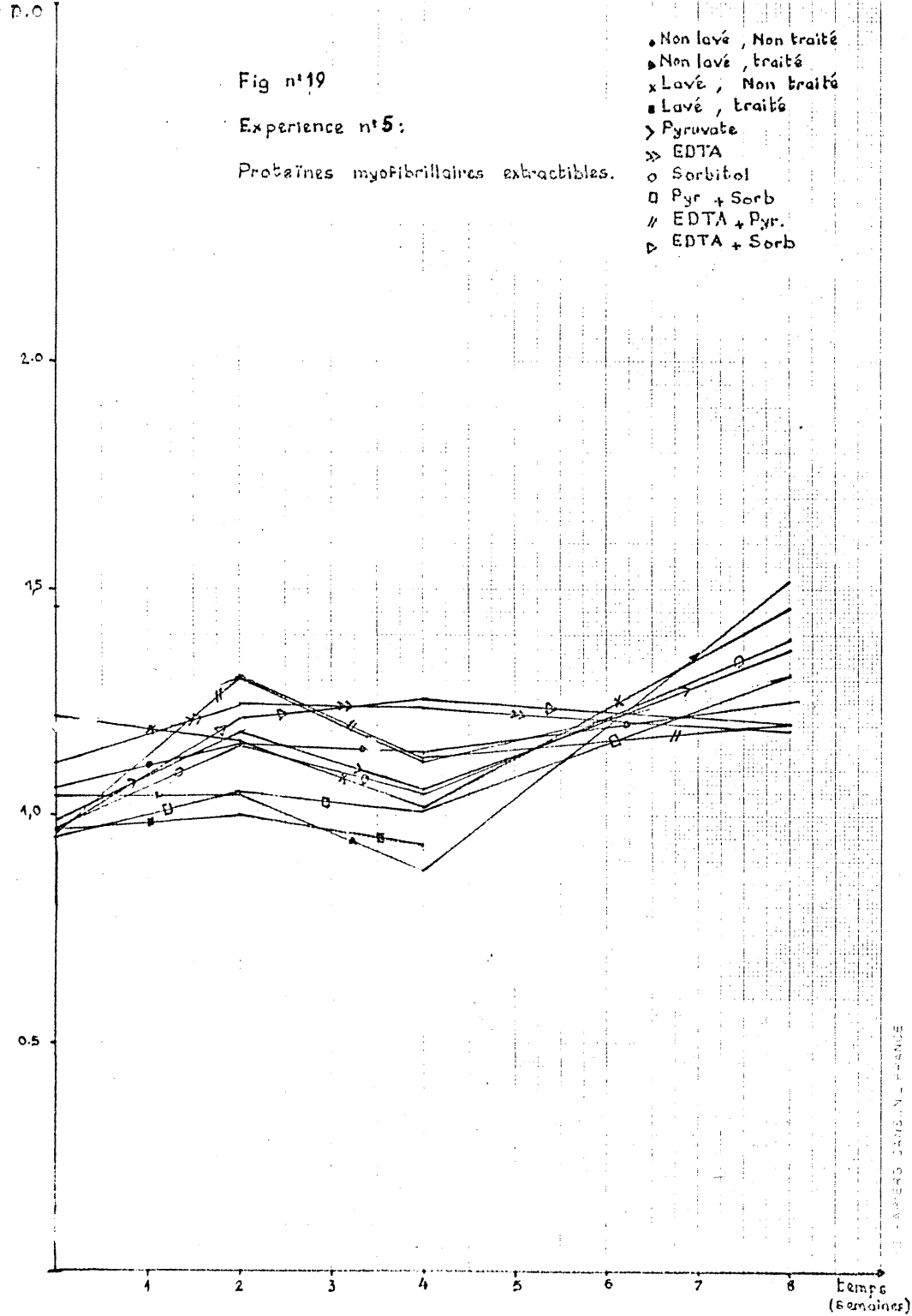


Fig n° 20

Expérience n° 5 : Mesure de l'élasticité

Les différents traitements n'ont aucune influence sur la quantité de protéines myofibrillaires extractibles.

Les variations remarquées seraient dues à la variation de température et aux aléas exposés dans le paragraphe III -1.

- Mesure de la texture. (fig. 20).

Nous remarquons que le lavage provoque un durcissement rapide de la texture. Les échantillons non lavés acuièrent progressivement une texture dure mais relativement moins importante que dans le cas du lavage.

Le traitement à l'EDTA n'apporte pas un effet bénéfique. Le pyruvate et le sorbitol présentent une action texturante remarquable. La combinaison EDTA + Pyruvate + Sorbitol ne donne pas un meilleur résultat que le pyruvate ou le sorbitol utilisés séparément.

#### 6. Expérience n° 6.

La matière première est du chinchard étêté éviscéré.

Nous testerons l'effet du lavage à l'eau, à l'EDTA et à l'hypochlorite ainsi que l'influence de divers cryoprotecteurs : sucres, polyalcools et substances spécifiques.

- Dosage des protéines solubles.

Contrairement aux résultats de l'expérience n° 5, les résultats de cette expérience (tableau 13 en annexe) et la figure 21 montrent que les échantillons lavés ont une teneur en protéines solubles légèrement inférieure à celle de l'échantillon non lavé. L'effet des différentes substances cryoprotectrices n'est pas significatif. L'insolubilisation des protéines est à peu près inexistante pendant l'entreposage à - 20°C.

- Mesure de la texture.

Nous remarquons que la texture ne suit pas le taux de protéines solubles. C'est ainsi comme l'indiquent le tableau 14 (en annexe) et la figure 22, seul l'échantillon non lavé garde une texture proche de sa texture initiale. Les échantillons lavés durcissent très vite, à l'exception de l'échantillon lavé à l'EDTA et traité au Sorbitol et au pyruvate qui garde une texture relativement meilleure.



Fig n° 21

Experience N° 6 Protéines myofibrillaires extractibles

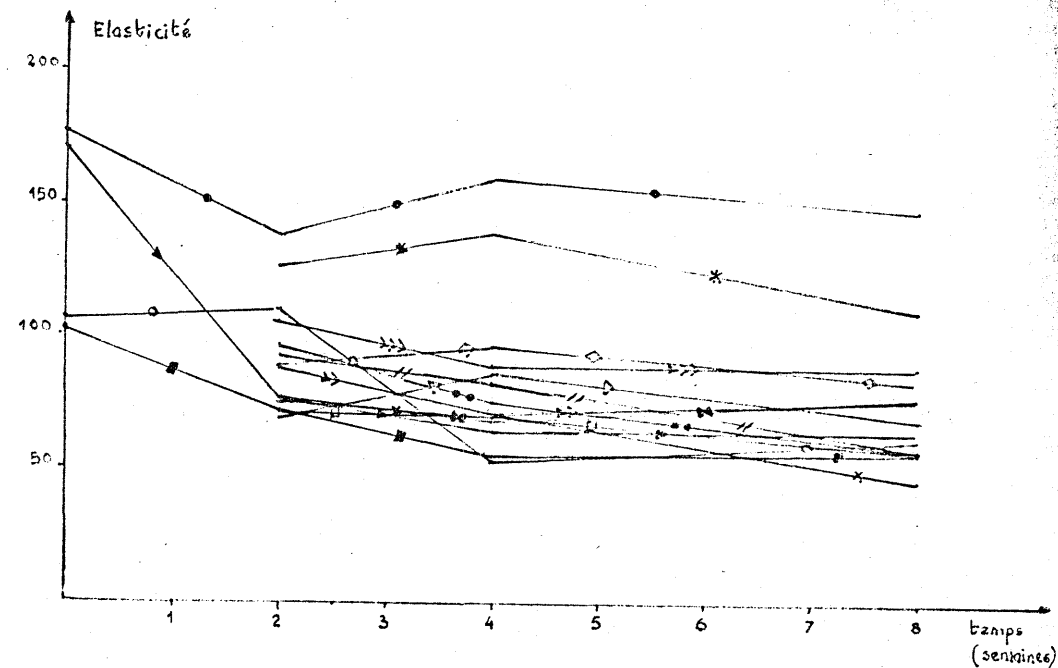
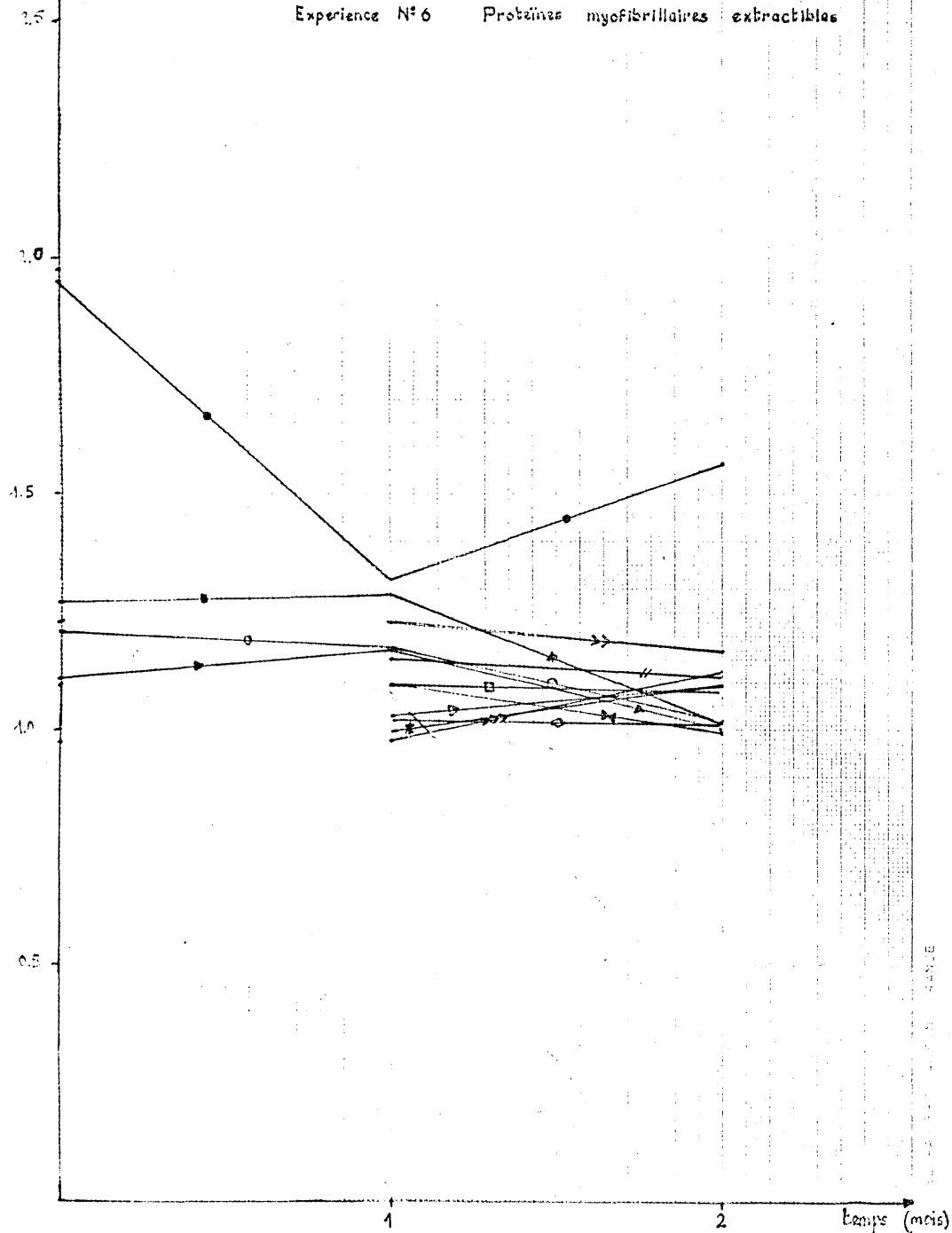
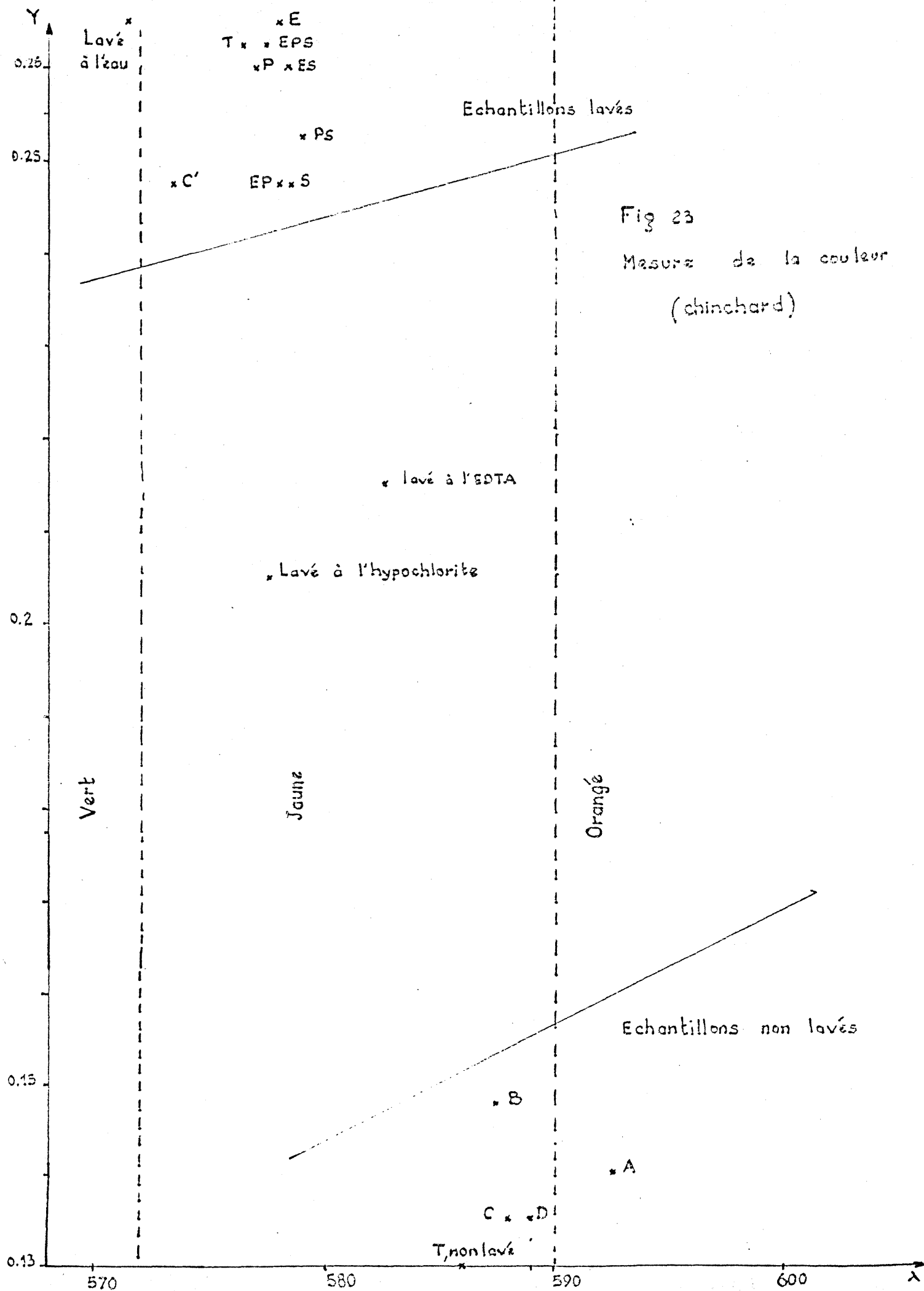


Fig n° 22

Experience N° 6

Mesure de l'élasticité

- Non lavé
- ▴ lavé à l'EDTA
- lavé à l'hypochlorite
- lavé à l'eau
- × pyruvate
- Dextrose
- ▴ Lab 230
- ▴ MOS
- ▴ Glycerol
- Sorbitol
- Lycasin
- ▴▴ EDTA + Pyr + Sorb.
- ◊ lavé à l'hyp., EDTA + Pyr + Sorb.
- \* lavé à l'EDTA, Pyr + Sorb



- Mesure de la couleur du chinchard.

Une expérience a été consacrée à cette étude. Nous avons essayé de mettre en évidence la différence de couleur due à la partie de chair broyée ~~aux~~ lavage et aux traitements ~~aux~~ cryoprotecteurs.

Le traitement et le lavage sont effectués comme dans les expériences 5 et 6. Concernant le facteur "partie de chair broyée" nous avons pris comme matière première :

- chinchard étêté, éviscéré (A)
- tranches de chinchard (B)
- carcasses de chinchard (C)
- filets de chinchard (D)
- C' : C lavé après hachage
- T : B lavé " "

Tous les traitements ont été effectués sur du hachis désigné par T. Les résultats de la figure 23 nous montrent que la différence due à la matière première est peu significative. La chair du chinchard est uniformément colorée.

Comme dans le cas du lieu noir, le lavage augmente considérablement la brillance des échantillons et diminue la longueur d'onde dominante pour se trouver dans la gamme du vert au lieu de se situer dans le jaune très près de l'orangé.

Nous remarquons que la chair de chinchard lavée à la même couleur que celle du lieu noir (carcasses).

Les différents traitements ont peu d'influence sur la couleur, seuls les lavages à l'EDTA et à l'hypochlorite font diminuer la brillance des échantillons pour se situer à mi-chemin entre les échantillons lavés et non lavés mais toujours dans la gamme du jaune.

## V. DISCUSSION.

### A. Influence du lavage sur la qualité générale du hachis.

Rappelons que les divers procédés de lavage ont été faits dans le but :

- Améliorer la couleur
- Enlever les souillures et les substances susceptibles d'activer la dénaturation des protéines.

#### 1. Influence du lavage sur la couleur.

##### - Cas du lieu noir.

Pour illustrer cette influence, nous faisons une comparaison des effets des différents lavages. Dans l'expérience n° 1 le lavage a été effectué par un simple jet d'eau et ce que nous avons appelé échantillons lavés sont ceux lavés après hachage.

Dans l'expérience n° 4, les échantillons non lavés sont ceux soumis à un jet d'eau pour enlever la souillure et grattés (avant hachage). En plus de cette opération, les échantillons lavés ont subi un lavage après hachage.

Dans les deux cas le lavage améliore la couleur. La chair devient plus brillante et la longueur d'onde dominante diminue.

Dans l'expérience n° 1, les échantillons non lavés se situent dans la gamme de l'orangé alors que ceux de l'expérience n° 4 sont jaunes. Du point de vue brillance ces derniers sont largement plus brillants. La différence entre les deux procédés de lavage est le grattage. Ces résultats confirment l'hypothèse que la rate est à l'origine de l'augmentation de la dispersion du sang au moment du désarêtage. Le hachis obtenu est teinté et le lavage diminue cette teinte, mais ne l'abolit pas complètement.

Notons que les échantillons lavés dans l'expérience n° 1 ont les mêmes coordonnées (fig. 11 et fig. 18) que les échantillons non lavés de l'expérience n° 4. Nous pouvons alors aboutir au même résultat soit en grattant les carcasses du lieu noir soit en lavant la chair après hachage.

##### - Cas du chinchard.

La couleur de la chair du chinchard non lavée est pratiquement la même que celle de la chair récupérée sur les carcasses de lieu noir. Le lavage a le même effet que dans le cas du lieu noir : augmentation de la brillance et diminution de la longueur d'onde dominante.

Tous les échantillons lavés ou non lavés, provenant du chinchard ou du lieu noir ont été représentés par leurs valeurs de x et de y sur le graphique de la C I E (fig. 3 ). Il apparaît que les points correspondants aux différents échantillons sont localisés dans un rectangle que nous avons tracé sur la figure 3 . Le degré de saturation étant défini par la distance de ces points au point correspondant au blanc, nous remarquons que le lavage ne fait pas trop varier cette saturation.

## 2. Influence du lavage sur la composition du hachis.

Outre la dissolution des hémoprotéines, le lavage a pour effet de dissoudre une partie des protéines hydrosolubles et autres solutés, organiques ou minéraux de la chair de poisson. De plus, une partie des particules fines de chair est perdue au cours de l'égouttage après le lavage.

D'après les calculs basés sur le dosage des protéines et appliqués aux cas du lieu noir, la perte de protéines sarcoplasmiques représente environ 1 % et celle des particules fines, environ 18 % du poids initial du hachis. Cette perte de protéines et de chair a été remplacée par l'eau de lavage dans le hachis dont l'égouttage a été conduit de façon à lui redonner son poids initial (voir annexe § III).

Ce changement de composition de la chair lavée se **répercute** sur les propriétés de la chair lavée et sur leur évolution au cours de l'entreposage. Nous verrons plus loin que l'excès d'eau est libéré à la cuisson ce qui pourrait handicaper l'utilisation du hachis lavé. En outre, il a été prouvé (par tests sensoriels) que le hachis de poisson perd de sa saveur au cours du lavage. Ceci est particulièrement frappant dans le cas du chinchard qui est un poisson à saveur spécifique marquée.

## 3. Influence du lavage sur la texture.

L'excès d'eau dans le hachis lavé devrait en principe affaiblir la cohésion entre les particules de chair et, si elle est absorbée, ramollir ces mêmes particules. Ce qui se traduirait par une diminution à la résistance à la compression dans le test texturométrique. Ceci a été observé dans l'étude de l'influence de l'addition d'eau dans la chair hachée de lieu noir (réf. fig. 5 ). Dans cette étude nous avons ajouté de l'eau à la chair sans

en rien enlever.

Dans le cas du lavage, une partie de protéines hydrosolubles et d'autres solutés sont remplacés par l'eau, les résultats des mesures texturométriques ne sont pas aussi nets.

Les échantillons lavés ont une légère tendance à présenter une texture plus dure avant la congélation. Après la congélation, le durcissement dû au lavage est plus accentué.

L'excédent d'eau absorbée au cours du lavage semble être complètement libéré par la cuisson comme l'indique le tableau de comparaison du poids égoutté après cuisson de la chair lavée et non lavée.

Poisson	Non lavé	Lavé	Lavé (corrigé*)	Différence
Lieu noir	17	13,3	16,6	- 0,4
Lieu noir	14,3	11,8	14,8	+ 0,5
Chinchard	17,2	13,1	16,4	- 0,8
Chinchard	16,9	13,2	16,5	- 0,4
Chinchard	15,6	12,4	15,5	- 0,1
Chinchard	15,8	12,7	15,9	+ 0,1
Moyenne	16,13	12,75	15,94	- 0,19

Tableau : Poids (en g) des échantillons de poisson cuits avant la congélation (poids initial 20 g).

\* le facteur de correction est de 1,25 pour tenir compte du remplacement d'environ 20 % de chair par l'eau de lavage.

L'effet de l'excès d'eau pourrait être neutralisé par d'autres facteurs introduits par le lavage qui agissent dans le sens contraire.

Il est possible que le lavage, en enlevant une partie des protéines sarcoplasmiques, ait provoqué un durcissement de la texture. Il est généralement admis que les protéines sarcoplasmiques sont assez stables dans le poisson congelé et ne contribuent donc pas directement au durcissement. Toutefois, leur rôle texturant dans la chair non lavée pourrait être significatif car une fois coagulées par la chaleur ces protéines constituent les maillons faibles dans la masse de chair cuite. Elles contribueraient par conséquent à la tendreté de la chair.

Pendant l'entreposage à froid, le lavage en privant la chair des substances solubles - qui pourraient agir comme des cryoprotecteurs naturels - facilite la dénaturation des protéines myofibrillaires et le durcissement de la texture.

Ce durcissement peut être aussi expliqué en partie par le fait que dans nos expériences, la température de l'eau de lavage est relativement élevée (10 - 15°C).

Enfin, il est possible que le lavage soit à l'origine de la contamination de la chair par les métaux lourds qui catalysent les réactions menant à la dénaturation des protéines. L'effet bénéfique de l'EDTA trisodique dans la solution de lavage justifie cette hypothèse.

#### 4. Influence du lavage sur le taux de protéines extractibles.

- Cas du lieu noir.

Pendant l'entreposage, le taux de protéines extractibles des échantillons non lavés diminue plus vite que dans les échantillons lavés (expériences n° 1 & 2).

Dans ce cas la chair non lavée contiendrait des substances susceptibles d'amorcer la dénaturation des protéines et en particulier l'enzyme responsable du clivage de l'OTMA en formaldéhyde et diméthylamine.

Lorsque l'on procède par grattage, la chair non lavée garde plus de protéines que celle lavée. Nous concluons que le grattage est à l'origine de cette différence et que les substances dénaturantes sont en majorité dans

la cavité péritonienne.

Les résultats de l'expérience n° 4 montrent qu'il serait plus bénéfique de procéder simplement par grattage et lavage des carcasses sous un jet d'eau.

Le lavage après hachage dans ce cas n'aura pour influence que de diminuer la quantité initiale de protéines extractibles.

- Cas du chinchard.

D'après les expériences 5 & 6, le lavage aurait pour effet de diminuer la quantité initiale de protéines solubles. La dénaturation des protéines ne se produisant pas ni dans la chair lavée ni dans celle non lavée ; nous ne pouvons tirer aucune conclusion sur l'effet du lavage pendant l'entreposage.

Toutefois, nous avons remarqué lors des manipulations que la capacité de rétention d'eau a augmenté surtout dans les échantillons lavés. Ceci est compatible avec les résultats de la mesure de la texture.

Il est probable que la variation du taux de protéines solubles est masquée par l'augmentation de la turbidité dans les solutions d'analyse aux UV.

#### B. Influence des cryoprotecteurs.

Le rôle assigné aux cryoprotecteurs est de diminuer la vitesse de dénaturation des protéines. Nous avons associé le durcissement du hachis à la dénaturation des protéines, les cryoprotecteurs par leur effet antidénaturant joueraient le rôle de texturisants.

Leur influence sur la couleur est moins importante. Toutefois nous avons remarqué que la majorité des cryoprotecteurs utilisés n'ont aucun effet sur la couleur des échantillons.

##### 1. Les polyalcools.

Nous avons testé le glycérol, le sorbitol et le lycasin. A poids égal, ces trois substances ont à peu près le même pouvoir cryoprotecteurs (expérience n° 3).



Leur effet est largement conditionné par le lavage. En effet dans l'expérience n° 2 nous avons remarqué que les échantillons traités au sorbitol gardent 48 % de leurs protéines myofibrillaires initiales quand ils sont lavés et seulement 16 % quand ils ne le sont pas, et ceci après 2 semaines d'entreposage. L'effet du sorbitol est dans les deux cas positif car les deux témoins correspondants ne gardent que 14,4 % et 5,2 % des protéines myofibrillaires initiales.

Le grattage est aussi une opération conditionnant l'effet des polyalcools. En examinant les résultats de l'expérience n° 3 (sans tenir compte de la décongélation accidentelle et de la hausse des valeurs) nous constatons que les échantillons traités aux polyalcools gardent plus de 90 % du taux initial de protéines myofibrillaires après 25 jours d'entreposage à - 20°C et plus de 50 % après 34 jours. Le témoin non traité n'en garde respectivement que 14,33 % et 9 %.

D'après ces résultats nous concluons que les polyalcools ont un effet largement positif sur la dénaturation des protéines en conservation aux températures négatives du hachis de lieu noir.

Les essais faits sur le chinchard ne permettent pas de tirer des conclusions car sa chair se conserve relativement bien en absence de cryoprotecteurs. Dans nos expériences qui, par faute de temps, ont été stoppées au bout de 2 mois de conservation nous n'avons pas remarqué de dénaturation de protéines myofibrillaires.

Cependant, nous n'avons pas observé un effet texturisant comparable à l'effet antidénaturant. La texture du hachis traité aux polyalcools est légèrement améliorée dans le cas du lieu et du chinchard lavé. L'amélioration est plus importante dans le cas du chinchard non lavé.

## 2. Sucres et polysaccharides.

Nous avons testé le Dextrose, le Lab 230, les Maltodextrines M01 et M05 et le Lab 265.

Dans l'expérience n° 1 (carcasses non grattées), la dénaturation est très rapide dans tous les échantillons non lavés, l'effet des sucres est en général peu important. Le sucre le plus efficace est le dextrose (32 % de protéines myofibrillaires demeurent solubles après 2 semaines d'entreposage,

comparé au témoin qui n'en garde que 13 %). Lorsque la chair est lavée, l'effet antidénaturant des sucres devient très important : en effet les échantillons traités au dextrose et au Lab 230 contiennent plus de 95 % de leurs protéines myofibrillaires initiales, au MO1 : 67 %, au Lab 265 : 43 % alors que le témoin n'en contient que 14 %. Après 2 semaines on remarque qu'à poids égal l'effet antidénaturant est en relation inverse avec le poids moléculaire.

Cependant, leur effet texturisant est moins remarquable. Seul le Lab 265 qui en augmentant considérablement la capacité de rétention d'eau donne à la chair hachée une texture exceptionnellement tendre.

Comparés aux polyalcools, les sucres apparaissent moins efficaces pour la protection des protéines. Alors que leur pouvoir texturisant est relativement meilleur.

Dans l'expérience n° 6 avec la chair de chinchard lavée, les effets attendus des différents cryoprotecteurs sont masqués par le durcissement dû au lavage.

### 3. Les substances spécifiques.

Nous regroupons dans cette catégorie, l'EDTA trisodique et le pyruvate de Na. Dans le cas de la chair hachée du lieu noir ces deux produits n'ont montré aucun effet au point de vue pouvoir antidénaturant. Leur effet remarquable dans les expériences préliminaires (sur les extraits de protéines) n'a pas été confirmé. Il est à signaler cependant qu'ils exercent un effet texturisant non négligeable sur le hachis de lieu noir et de chinchard lavé.

Dans le cas de l'EDTA, son inefficacité sur la dénaturation des protéines dans le hachis de poisson pourrait s'expliquer d'abord par le pH relativement bas qui abaisse son pouvoir chélateur. En effet, l'EDTA n'est actif qu'à pH > 8,5 alors que le pH de la chair de poisson est tamponné entre 6 et 7. En outre, la chair contient des cations bivalents ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) en concentration élevée pour saturer l'EDTA. Les métaux lourds ne sont plus empêchés de catalyser la dénaturation des protéines.

L'effet texturisant du pyruvate s'expliquerait par le fait qu'il augmente l'hydrophilicité des protéines sans pour autant les dépolymériser d'où l'absence de son effet solubilisant. Il est probable que son rôle

cryoprotecteur serait bénéfique s'il était appliqué au poisson très frais et à plus forte concentration.

## VI. CONCLUSION GENERALE

Afin de valoriser le hachis de poisson nous avons étudié l'influence du lavage et des cryoprotecteurs sur la qualité de celui-ci.

Ainsi nous avons trouvé qu'à l'exception de l'amélioration de la couleur le lavage présente plusieurs inconvénients :

- perte de goût et de saveur propre du poisson
- durcissement de la chair à l'entreposage
- perte de particules de chair au lavage
- excès d'eau qui aurait des conséquences indésirables pour l'utilisation ultérieure du hachis.

La chair hachée se conserve assez mal, en particulier le lieu noir, celle du chinchard semble bien se conserver si elle n'est pas lavée. Avec l'adjonction des cryoprotecteurs nous pouvons prolonger la durée de conservation de la chair hachée de chinchard au-delà de 2 Mois. Tandis que pour le lieu noir, deux mois d'entreposage sont un maximum. Nous tenons à rappeler que les procédés technologiques n'ont pas fait l'objet de cette étude. Nos conditions de travail ne sont pas idéales. Nous suggérons alors les conditions de travail suivantes :

- poisson frais,
- filetage et grattage dans une chambre gardée à 0°, + 5°C
- lavage à l'eau glacée
- désarêtage à température de 0°C , + 5°C
- réduction du temps d'attente entre les différentes opérations au minimum (désarêtage, traitement, congélation)...

Nous n'avons pas cherché à faire des mesures absolues mais nous nous sommes limités à des observations qualitatives ainsi qu'à des mesures relatives, l'étude des cryoprotecteurs n'ayant été qu'un moyen d'appréhender les pouvoirs antidénaturants.

Tous les cryoprotecteurs (sucres et polyalcools) qui ont été utilisés à une concentration de 3 % ont montré un pouvoir antidénaturant

plus ou moins identique. Certains ont un pouvoir sucrant plus accentué que d'autres. Ainsi, nous suggérons d'essayer dans les travaux qui suivraient le remplacement de certains additifs au pouvoir sucrant assez élevé par d'autres moins sucrants et également antidénaturants.

D'après nos résultats, une partie ou la totalité du dextrose ou du sorbitol au pouvoir sucrant élevé peuvent être remplacée par le MO1 ou le lycasin pour le même effet antidénaturant.

Nous concluons enfin, que notre travail est une étude préliminaire plutôt théorique et objective. Pour mieux définir la durée d'entreposage utile, il serait profitable d'élargir l'étude sur les tests de fabrication de produits finis.

## BIBLIOGRAPHIE.

- ABBOTT, J.A. (1972).- Sensory assessment of food texture. Food technology. Jan. 1972 40 - 49.
- BORDERIAS, A.J. and al (1981).- Stabilité de la truite (Salmo irideus gibb.) entière, en filets ou hachés pendant l'entreposage à l'état congelé. I.I.F. - I.I.R.- Commissions C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> - Boston (USA) - 1981/4.
- BRENNAN, J.G., JOWITT, R. and WILLIAMS A. (1975).- An analysis of the action of the general foods texturometer. Journal of Food studies, 6, 83 - 100.
- CHEFTEL J.C., CHEFTEL H., BESANÇON P. (1977).- Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol. 2.
- CLYDESDALE F.M. (1969).- Colorimetry of foods - The measurement of color. Food technology, 23, 1, 16 -22.
- CONNELL, J.J. (1975).- The role of formaldehyde as a protein crosslinking agent acting during the frozen storage of cod. J. Sci. Fd. Agric. 26, 1925 - 1929.
- COSNARD M., DURAND H. et RAVOUX G. (1974).- Mesure de la couleur de la chair des thonidés mis en conserve. Etude de ses variations.
- DENG J.C. (1979).- Effect of alginate, tripolyphosphate and sodium chloride on quality of minced fresh flesh. Advances in food science and technology Aberdeen Golden Jubilee.
- DIXON W.J. and MASSEY Jr F.J. (1957).- Introduction to statistical analysis.
- GRABOWSKA J. and SIKORSKI Z. (1973).- Technological quality of minced fish preserved by freezing and additives. Acta Alimentaria, Vol. 2, 3 p. 319 - 326.
- IKKALA P. (1975)\*
- KAPSALIS J.G. and MOSKOWITZ H.R. (1978).- Views on relating instrumental tests to sensory assessment of food texture. Applications to product development and improvement. Journal of texture studies 9, 371 - 393.
- KEAY, J.N. .- Minced fish. Torrey Research Station. Note n° 79.
- LAIRD W.H., MACKIE I.M. and HATTULA T. (1979).- Studies of the changes in protein of cod frame minces during frozen storage at - 15°C. Advances in food science and technology. Aberdeen Golden Jubilee.

\*

The organoleptic assessment of the texture of minced fish. WEFITA meeting September 1975;

- LAIRD W.M., MACKIE I.M. and REGENSTEIN J.M. (1981). - Détérioration du cabillaud et de l'églefin hachés congelés. I.I.F. - I.I.R. - Commissions C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> - Boston (USA) - 1981/4.
- LAUNAY B. (1974). - Méthodes instrumentales d'appréciation de la texture des denrées alimentaires. A.P.R.I.A. série synthèses bibliographiques n°1.
- LITTLE A.C. and MACKINNEY G. (1969). - Colorimetry of foods - the sample as a problem. Food technology, 23, 1, 25 - 28.
- LUONG C.P. (1976). - Inhibitory effect of ketoacids on muscle protein denaturation
- MEINKE W.W., RAHMAN M.A. and MATTIL K.F. (1972). - Some factors influencing the production of protein isolates from whole fish. J. Fd. Sci. 37, 195 - 198.
- MIYAUCHI D., STEINBERG M. (1972). - Machine separation of edible flesh from fish 252 - 262, in Mechanical recovery and utilization of fish flesh, Ed. par R.E. MARTIN, OAK BROOK SEMINAR, USA, sept., 21 - 22, 1972.
- NOGUCHI S. and MATSUMOTO J.J. (1971). - Studies on the control of the denaturation of the fish muscle proteins during frozen storage - II. Preventive effect of amino acids and related compounds. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 37, 11, 1115 - 1122.
- OHNISHI M. (1979). - Effect of formaldéhyde addition to solutions of salt soluble proteins of fish muscle. Advances in food science and technology, Aberdeen Golden Jubilee.
- RANDALL C.J. and VOISEY P.W. (1977). - A method for measuring the texture of meat and the effect of nitrite and salt addition on the texture of cured meats. Journal of texture studies, 8, 55 - 66.
- RODGER G.W. (1979). - Effect of additives, washing and storage time and temperature of fish mince quality. Advances in Food Science and Technol., Aberdeen Golden Jubilee.
- ROUSSET et Al. (1974). - Influence de la congélation sur les aliments protéiques. A.P.R.I.A. Synthèse n° 4.
- SADOWSKA M. and SIKORSKI Z.E. (1977). - Evaluation of technological suitability of fish meat by rheological measurements. Lebensm. - Wiss u. - Technol., 10, 239 - 245.
- SAINCLIVIER M. (1979). - Les industries alimentaires halieutiques (Abrégé du cours) DAA Halieutique.
- SCOTT BLAIR G.W. (1969). - Les propriétés rhéologiques des denrées alimentaires. Ann. Nutrit. Aliment., Fr., 23, n°5, 79 - 93.
- SIKORSKI Z.E. (1978). - Protein changes in muscle foods due to freezing and frozen storage. International journal of refrigeration, vol. 1, 3, 173 - 179.

### III.

- SMITH J.G.M., HOWGATE P. and WHITTLE K.J. (1981). - Entreposage à l'état congelé de chair récupérée de chinchard (*Trachurus trachurus*). I.I.F. - I.I.R. - Commissions C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> - Boston (USA) - 1981/4.
- SOUDAN F. (1965). - La conservation par le froid des poissons, crustacés et mollusques.
- STODOLNIK L. and KNASIAK M. (1981). - Influence des graisses et de la congélation sur la solubilité des protéines myofibrillaires et les protéines structurales de muscle haché de poisson. I.I.F. - I.I.R. - Commissions C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> - Boston (USA), 1981/4.
- SUN PAU et Al. (1979). - Studies on a minad squid, effect raw material and ingredients of the products.
- SUZUKI T. and Al. (1972). - Developing a new food material from fish flesh. I. Fundamental research for the manufacturing method.
- SZCZESNIAK A.S. (1966). - Texture measurements. Food technology, october 1966, 52 - 58.
- TEJADA M., BORDERIAS A.J., MORAL A. (1981). - Effects of washing of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.) minces on the removal of substances detrimental to preservation in cold storage. I.I.F. - I.I.R. - Commissions C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> - Boston (USA) - 1981/4.
- THOMAS G. (1969). - Méthodes objectives d'estimation de la texture des denrées alimentaires. Ann. Nutrit. Aliment., Fr., 23, n°5, 95 - 117.
- TRAN V.D. (1974). - L'effet préventif de l'acide pyruvique et d'autres acides cétoniques sur la dénaturation des protéines dans le poisson congelé. Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 7, 203 - 208.
- VESSEREAU A. (1965). - Les méthodes statistiques appliquées au test des caractères organoleptiques. Ann. Nutr. Alim., 19, 2, 103 - 140.
- VOISEY P.W. (1976). - Engineering assessment and critique of instruments used for meat tenderness evaluation. Journal of texture studies, 7, 11 - 48.
- YOUNG R.H. and TABLEROS M.A. (1981). - Caractéristiques de la transformation et de l'entreposage de hachis congelés préparé à partir de poisson ramené en même temps que les crevettes au Mexique. I.I.F. - I.I.R. - Commissions C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> - Boston (USA) - 1981/4.
- Annuaire des statistiques de la pêche, FAO, vol. 49, 1979.



## A N N E X E S

## I. Fonctionnement de la désarêteuse

BAADER 694.

---

### 1. Principe.

La matière première est pressée à travers des perforations, étroites suffisamment pour retenir les os, mais assez larges pour laisser passer la chair. Les arêtes sont rejetées d'un côté et la chair est récupérée de l'autre.

Avec des petites perforations, il y a de faibles chances d'avoir des os dans la chair, mais réduire la chair en parties très petites n'est pas toujours désiré. Plus la taille des particules est petite plus le caractère gommeux est important.

La destruction de l'intégrité de la chair nécessite de bonnes pratiques sanitaires, la contamination bactérienne augmente car la surface du hachis est plus importante.

Pour produire du hachis feuilleté et garder la structure fibreuse de la chair il faut de larges perforations ce qui entraîne le passage des arêtes.

Il est d'autre part important que la séparation soit faite le plus vite possible et que la machine ne présente aucun obstacle à la progression de la matière première.

La BAADER 694 est conçue pour pallier ces problèmes. La machine emploie un tambour perforé en 5 mm de diamètre pour la séparation.

La matière première passe à travers une ouverture dans une trémie d'alimentation et en dessous d'un épais convoyeur élastique. Cette bande recouvre partiellement le tambour et est pressée hermétiquement contre celui-ci par un rouleau compresseur excentrique. Le matériel passant en dessous de la bande convoyeuse est passé à l'intérieur du tambour par les perforations. Une hélice décharge le hachis du cylindre. Les arêtes et autres solides (peau) sont éliminés de l'extérieur du tambour et enlevés par une lame de racleur.

La ceinture et le cylindre sont mus par le même moteur à la même vitesse pour éviter tout broyage ou déchirement de la chair de poisson et ainsi pour garder la structure fibreuse et lamellaire de la chair le maximum possible.

La taille des perforations du cylindre est importante pour la qualité du hachis. Il est certain que les perforations larges préservent mieux la structure fibreuse, mais par contre tendent à laisser passer plus de débris solides et à diminuer le pourcentage de chair récupérée sur les arêtes. Pour la majorité des traitements du poisson, le cylindre avec des trous de diamètre=5 mm a donné les meilleurs résultats. Il existe des cylindres avec des trous de 1, 2, 3, 5, 8 et 10 mm.

Pour adapter les exigences de la matière première, la pression peut être ajustée.

La capacité de la machine est de 1 tonne/heure pour les filets.

## 2. Rendements.

Une meilleure utilisation des ressources doit satisfaire les conditions pour la qualité et pour le rendement qui n'ont pas une marche parallèle. Elle serait un compromis entre l'importance économique et biologique de la chair récupérée.

Un très bon rendement avec des qualités médiocres du hachis ne serait pas profitable.

Le tableau ci-dessous montre quelques valeurs de rendement à partir de différentes espèces de poisson.

Espèces	Rendement en chair consommable %	
	Hachis	Filets
English sole Parophrys vetulus	60	30
Starry flounder Platichthys stellatus	47	31
Ling cod - lingue Ophiodon elongatus	43	23
Pacific Cod morue Pacifique Gadus macrocephalus	38	29

d'après MIYAUCHI et STEINBERG.

Nous remarquons une variation qui est fonction de la différence anatomique entre les espèces (taille de la tête et de la cavité viscérale).

La matière première peut être aussi des déchets de différentes opérations de transformation. Des valeurs de rendements sont présentées dans le tableau ci-dessous.

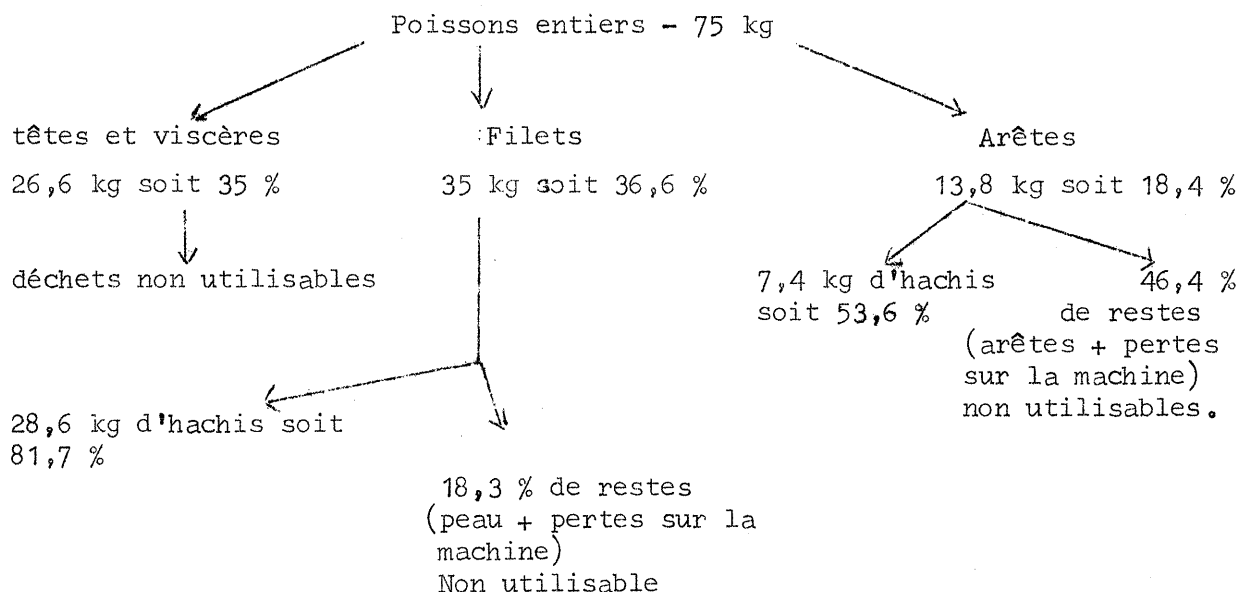
Rendement en **kachis** à partir de déchets de quelques opérations

Opérations	Déchets	Rendement en chair consommable %
Filetage	Rock fish arêtes	50
	Arêtes de saumon royal	51
	Arêtes de truites Arc en ciel	68
Steaking	Saumon rosé	
	collets	78
	queues	71
	Flétan : parures et collets	71
Fletching	Flétan	
	arêtes	65
	Parures "trimmings"	77
conserves "canning"	Saumon rouge : queues	67
	collets	25

Rockfish : en Grande Bretagne : Anarhichas sp. en Amérique du Nord : famille des Scorpaenidae et le nom américain désigne le Bar d'Amérique Morone saxatilis.

D'après MIYAUCHI et STEINBERG.

Nous avons fait des essais de calcul de rendement sur le chinchard. Nous avons procédé de la manière suivante :



De ce diagramme nous pouvons évaluer les pertes sur la machine et les restes de chair.

- Filets : poids entier	poids du hachis	poids des peaux
35 kg	26,6 kg	5,6 kg

Les pertes seront alors de  $35 - (26,6 + 5,6) = 2,8$  kg soit 8 % du poids de filets ou encore 2,8 % du poids du poisson entier.

- Arêtes : poids entier	poids du hachis	poids des arêtes
13,8 kg	7,4 kg	6,2 kg

perte : 0,2 kg insignifiante.

Ces résultats peuvent être arrondis. En effet, les filets sont passés en premier lieu à la machine. Après cet usage, la machine n'a pas été lavée et les restes sont passés avec les arêtes traitées en second lieu. Cela fait qu'au total la perte est de 3 kg ce qui donne un pourcentage de 6,0 % du poids total passé à la machine (48,8 kg).

## II. Mesure de la couleur

---

Le hachis obtenu à partir d'arêtes est rouge car il contient des hèmes : pigments sanguins. Cette couleur vire au gris par oxydation. L'acceptabilité diminue car le consommateur exige la couleur blanche de la chair de poisson. Il faut alors développer la technique de décoloration de la chair obtenue à partir des arêtes.

- L'intensité de couleur peut être diminuée par dilution : lavage.
- Par mixage avec hachis obtenu à partir des filets.
- Mélange avec de la farine ou autre produit végétal blanc similaire : méthode de production de KAMABOKO japonais.
- Décoloration chimique par l'hydroperoxyde ou l'acide citrique mais ceux là ont un grand inconvénient car ils introduisent d'inacceptables détériorations de la texture et de la saveur.

Comment utiliser les instruments et les valeurs numériques pour décrire une couleur ?

La mesure de la couleur pose d'énormes difficultés car l'intervention des yeux entraîne un jugement subjectif. L'impossibilité de décrire une couleur en termes subjectifs.

Le désir de s'affranchir de l'oeil humain a conduit à l'étude de méthodes purement instrumentales utilisant des appareils photoélectriques.

Le principe étant toujours le système élaboré par la CIE (Commission Internationale de l'éclairage). Ce système réunit les aspects physiques et physiologiques de la couleur en définissant un observateur standard, les caractéristiques des sources de lumière et trois couleurs primaires théoriques.

L'observateur standard : il est admis que l'oeil perçoit les couleurs au moyen de trois récepteurs sensibles chacun à une partie plus ou moins étendue du spectre visible. L'expérimentation a permis d'établir les courbes de réponse de ces récepteurs. En partant de ces courbes on a pu définir un observateur standard.

- Les sources lumineuses : elles sont au nombre de 3 : A, B, C. La plus utilisée est la source C (température de couleur 6740°K) dont la lumière est la plus proche de celle du jour.

Les trois couleurs primaires théoriques sont désignées conventionnellement par X, Y et Z et ont été choisies de manière à pouvoir reproduire toutes les couleurs possibles.

L'intensité (luminosité ou brillance) est spécifiée par Y.

Dans le système CIE une certaine "quantité" C d'une couleur (c) peut être définie par :

$$C(c) = X(x) + Y(y) + Z(z)$$

X, Y, Z sont les trois valeurs trichromatiques de (c). Il est souvent utile de définir une couleur indépendamment de l'énergie lumineuse mise en jeu, ce qui revient à définir une "unité" de couleur qui serait :

$$\begin{aligned} 1(c) &= x(X) + y(Y) + z(Z) \\ \text{avec} \quad x &= \frac{X}{X + Y + Z}, \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad \text{et} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z} \end{aligned}$$

$$\text{et } x + y + z = 1$$

x, y, z sont appelés coefficients trichromatiques.

On peut donc se contenter de prendre seulement deux de ces coefficients, habituellement x et y.

Une couleur sera complètement définie par x, y et Y, x et y définissent la position de la couleur sur le diagramme CIE et Y représente l'intensité de la lumière. La CIE définit ainsi les équations permettant de trouver X, Y et Z à partir des trois couleurs primaires théoriques qui sont le Bleu (B), le vert (V) et l'Ambre (J).

$$X = \frac{0,8 J + 0,18 B}{100}$$

$$Y = \frac{V}{100}$$

$$Z = \frac{1,18 B}{100}$$

Afin d'éliminer le jugement subjectif (humain), l'analyse est principalement instrumentale.

La mesure peut être composée :

- source de lumière
- objet illuminé
- observateur.

Le teinturomètre de LOVIBOND est un photolorimètre de comparaison. Son principe est de modifier les densités des trois filtres jusqu'à obtenir une identité complète avec l'échantillon, les densités des filtres servent d'indices de couleur. L'appareil de GUILD a aussi le même principe.

La recherche du point d'identité complète nécessite un temps assez long et un manipulateur assez spécialisé. Un grand rôle est joué par l'oeil d'observateur.

Pour éliminer ces aléas et difficultés, le photovoltmètre LOVIBOND nous paraît plus utile. En effet, ce photovoltmètre comprend trois filtres bleu, jaune (ambre) et vert qu'on étalonne respectivement à 72, 71,5, 72 par rapport à un blanc standard. La mesure de réflexion est faite sur chaque échantillon en passant d'un filtre à l'autre. Ainsi nous obtenons les trois valeurs J, B et V qui nous permettent de déduire X, Y et Z.



### III. Calculs relatifs à l'effet du lavage.

On pourrait calculer le poids de chair perdue sous forme de particules fines et de protéines solubles au cours du lavage en se basant sur les données des analyses des protéines extractibles au temps zéro.

Par exemple dans l'expérience n° 1, en faisant le rapport des valeurs moyennes de protéines sarcoplasmiques/protéines myofibrillaires avant et après le lavage on obtient respectivement 0,46 et 0,35. Ce qui indique une perte de protéines sarcoplasmiques due à la dissolution. De plus le taux de protéines myofibrillaires diminue au lavage, ce qui indique qu'il y a une perte de chair sous forme de particules fines.

Nous pouvons calculer cette perte de la façon suivante :

On suppose que la chair lavée est composée de x % de chair intacte, y % de chair complètement dépourvue de protéines sarcoplasmiques (qui ont été dissoutes) et de z % d'eau de lavage qui remplace la perte représentée par les particules fines (p) et les protéines sarcoplasmiques (t). Comme la chair lavée a le même poids que la chair non lavée on peut écrire :

$$x + y + z = 100 \quad (1)$$

D'autre part, en comparant les protéines myofibrillaires dans les échantillons non lavés (F) et lavés (F') on aura :

$$\frac{F'}{F} = \frac{x + y}{100} \quad (2)$$

D'où en tenant compte de l'équation (1) on tire :

$$\frac{F'}{F} = -\frac{100 - z}{100} \quad (3) \quad z = \frac{F - F'}{F} \times 100 \quad (4)$$

Le pourcentage de chair restée hypothétiquement intacte s'obtient par l'équation suivante concernant les protéines sarcoplasmiques (S et S')

$$\frac{S'}{S} = \frac{x}{100} \quad (5) \quad x = 100 \frac{S'}{S} \quad (6)$$

y se calcule alors par substitution de x et z dans l'équation (1)

$$y = 100 - x - z \quad (7)$$

Le pourcentage de perte dû à la dissolution des protéines sarcoplasmiques s'obtient alors en multipliant y par le coefficient  $\beta$

$$\beta = \frac{S}{S + F} \times \frac{P}{100} \quad (8)$$

p étant le pourcentage de protéines totales extractibles initiales de poisson.

Numériquement, toujours avec les données de l'expérience n° 1.

$$F = 0,859$$

$$F' = 0,692$$

$$P = 16 \text{ g}$$

$$S = 0,399$$

$$S' = 0,242$$

On a :

$$z = \frac{0,859 - 0,692}{0,859} \times 100 = 19,44 \%$$

$$x = \frac{0,242}{0,399} \times 100 = 60,65 \%$$

$$y = 100 - (19,44 + 60,65) = 19,91 \%$$

$$\beta = \frac{0,399}{1,258} \times \frac{16}{100} = 0,0507$$

Le pourcentage de perte de poids due à la dissolution (t) des protéines sarcoplasmiques est égal à :

$$t = 0,0507 \times 19,91 = 1,01 \%$$

La perte de poids due aux particules fines (p) est alors égale à la différence entre z et t.

$$p = z - t = 19,44 - 1,01 = 18,43 \%$$

# IV RESULTATS

10

Tab.1 : Dosage des protéines solubles (D.O , 275 nm. U.V)

Temps d'entreposage		0 jours			2 Semaines			4 Semaines		
	Echantillons	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff
Non lavé	Témoin	1.250	0.410	0.840	0.500	0.395	0.105	0.410	0.355	0.055
	Dextrose	1.150	0.390	0.760	0.675	0.435	0.240	0.390	0.345	0.045
	Lab 230	1.270	0.375	0.895	0.555	0.390	0.165	0.360	0.320	0.040
	M01	1.470	0.425	1.045	0.465	0.340	0.125	0.355	0.320	0.035
	Lab 265	1.150	0.395	0.755	0.530	0.380	0.150	0.410	0.365	0.045
Lavé	Témoin	1.370	0.295	1.075	0.470	0.320	0.150	0.210	0.185	0.025
	Dextrose	0.745	0.245	0.500	0.840	0.325	0.515	0.380	0.315	0.065
	Lab 230	0.895	0.220	0.675	0.960	0.300	0.650	0.340	0.270	0.070
	M01	0.950	0.245	0.705	0.810	0.335	0.475	0.350	0.265	0.080
	Lab 265	0.710	0.205	0.505	0.470	0.250	0.220	0.270	0.200	0.070

Tab. 2 : Mesure de la texture (Elasticité)

	Temps d'entreposage	0 jours	2 semaines	4 semaines	8 semaines
	Echantillons				
Non lavé	Témoin	0.286	0.137	0.112	0.074
	Dextrose	0.343	0.118	0.111	0.088
	Lab 230	0.273	0.132	0.129	0.115
	M01	0.334	0.122	0.120	0.076
	Lab 265	0.378	0.199	0.192	0.115
Lavé	Témoin	0.269	0.129	0.094	0.078
	Dextrose	0.245	0.161	0.094	0.095
	Lab 230	0.275	0.152	0.105	0.107
	M01	0.296	0.139	0.089	0.072
	Lab 265	0.378	0.239	0.128	0.142

Tab.3 : Mesure de la couleur

	Temps d'entreposage	0 jours			2 Semaines			4 Semaines			8 semaines		
	Echantillons	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y
Non lavé	Témoin	0.387	0.331	0.401	0.371	0.338	0.170	0.346	0.336	0.160	0.405	0.335	0.110
	Dextrose	0.387	0.323	0.115	0.382	0.332	0.110	0.390	0.334	0.107	0.405	0.331	0.100
	Lab 230	0.390	0.321	0.115	0.399	0.359	0.105	0.404	0.350	0.105	0.395	0.326	0.100
	M01	0.395	0.321	0.120	0.401	0.334	0.107	0.402	0.331	0.110	0.395	0.333	0.122
	Lab 265	0.393	0.324	0.115	0.395	0.336	0.112	0.402	0.334	0.120	0.399	0.345	0.115
Lavé	Témoin	0.368	0.344	0.197	0.370	0.346	0.165	0.368	0.345	0.127	0.363	0.349	0.167
	Dextrose	0.372	0.339	0.177	0.370	0.336	0.145	0.389	0.341	0.132	0.372	0.341	0.147
	Lab 230	0.359	0.336	0.182	0.353	0.345	0.155	0.355	0.346	0.135	0.366	0.344	0.147
	M01	0.373	0.337	0.182	0.373	0.343	0.150	0.357	0.351	0.135	0.375	0.335	0.150
	Lab 265	0.360	0.348	0.192	0.379	0.357	0.147	0.361	0.353	0.142	0.371	0.347	0.152

Tab. 4 : Dosage des protéines solubles. (D.O. 275 nm U.V.)

	Temps d'entreposage	0 jours			2 semaines			4 semaines		
		NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff
Non lavé	Echantillons									
	Témoin	0.840	0.335	0.485	0.310	0.285	0.025	0.390	0.320	0.070
	EDTA. (100ppm)	0.905	0.360	0.545	0.420	0.360	0.060	0.335	0.315	0.020
	EDTA. (300 ppm)	0.815	0.330	0.485	0.330	0.285	0.045	0.340	0.305	0.035
	EDTA. (1000 ppm)	0.750	0.350	0.400	0.300	0.280	0.020	0.310	0.305	0.005
	Sorbitol	1.020	0.280	0.740	0.395	0.275	0.120	0.320	0.305	0.015
	MOS	0.860	0.300	0.560	0.335	0.295	0.040	0.320	0.300	0.020
	EDTA + Sorbitol	0.780	0.360	0.420	0.355	0.285	0.070	0.325	0.295	0.030
Lavé	EDTA + MOS	0.820	0.340	0.510	0.335	0.295	0.040	0.345	0.320	0.020
	Témoin	0.670	0.150	0.520	0.275	0.200	0.075	0.190	0.175	0.015
	E.D.T.A. (300ppm)	0.775	0.185	0.590	0.265	0.180	0.085	0.205	0.175	0.030
	Sorbitol	0.825	0.160	0.665	0.520	0.200	0.320	0.295	0.205	0.090
	EDTA + Sorb.	0.775	0.165	0.610	0.325	0.200	0.125	0.335	0.240	0.095

Tab. 5 : Mesure de la texture (Elasticité)

	Non lavé								Lavé			
	Témoin	EDTA 1	EDTA 3	EDTA 10	Sorb.	MOS	EDTA + Sorb	EDTA + MOS	Témoin	EDTA	Sorb	EDTA + Sorb.
0j	0.151	0.146	0.176	0.126	0.149	0.096	0.120	0.090	0.068	0.078	0.063	0.076
2s	0.077	0.102	0.082	0.087	0.092	0.079	0.116	0.096	0.097	0.088	0.092	0.096
4s	0.098	0.088	0.079	0.087	0.088	0.091	0.089	0.096	0.074	0.084	0.083	0.075

Tab. 6 : Mesure de la couleur.

	Temps d'entreposage	0 j			2 s.			4 s.		
		$\alpha$	$\gamma$	$\gamma$	$\alpha$	$\gamma$	$\gamma$	$\alpha$	$\gamma$	$\gamma$
Non lavé	Echantillons									
	Témoin	0.372	0.338	0.200	0.376	0.341	0.170	0.372	0.342	0.112
	ED.T.A. 1.	0.374	0.339	0.207	0.378	0.341	0.175	0.376	0.342	0.172
	E.D.T.A. 3.	0.370	0.342	0.207	0.350	0.350	0.175	0.370	0.344	0.177
	E.D.T.A. 10.	0.372	0.341	0.200	0.350	0.349	0.167	0.366	0.335	0.165
	Sorbitol	0.374	0.336	0.200	0.357	0.349	0.167	0.370	0.341	0.167
	MOS	0.367	0.339	0.200	0.383	0.333	0.155	0.371	0.342	0.165
	EDTA + Sorb	0.380	0.335	0.187	0.368	0.338	0.152	0.374	0.342	0.165
Lavé	EDTA + MOS	0.373	0.338	0.197	0.372	0.341	0.157	0.368	0.345	0.170
	Témoin	0.350	0.350	0.267	0.359	0.351	0.207	0.354	0.345	0.242
	EDTA	0.345	0.345	0.260	0.356	0.347	0.205	0.354	0.345	0.242
	Sorbitol	0.347	0.350	0.262	0.353	0.346	0.210	0.348	0.349	0.247
	ED.T.A. + Sorb	0.351	0.348	0.262	0.350	0.346	0.205	0.353	0.346	0.207

Tab. 7 : Dosage des protéines solubles (D.O., 275 nm, u.v)

Temps d'entreposage	0 jours			18 jours			25 jours			34 jours		
Echantillons	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff
Témoin	0.635	0.335	0.300	0.245	0.155	0.090	0.155	0.112	0.043	0.115	0.088	0.027
Dextrose	0.610	0.340	0.270	0.395	0.155	0.240	0.325	0.119	0.206	0.225	0.130	0.095
Lab 230	0.580	0.375	0.205	0.390	0.285	0.105	0.325	0.121	0.204	0.175	0.112	0.063
Lab M05	0.560	0.345	0.215	0.450	0.240	0.210	0.295	0.127	0.168	0.155	0.110	0.045
Sorbitol	0.560	0.345	0.215	0.555	0.170	0.385	0.375	0.122	0.253	0.250	0.134	0.116
Glycérol	0.590	0.365	0.225	0.525	0.245	0.280	0.320	0.112	0.201	0.285	0.120	0.165
Lycasin	0.600	0.350	0.250	0.610	0.210	0.400	0.360	0.119	0.241	0.255	0.118	0.137
E.D.T.A.	0.665	0.325	0.340	0.270	0.200	0.070	0.138	0.103	0.035	0.120	0.086	0.034
Pyruvate	0.625	0.345	0.280	0.290	0.205	0.085	0.180	0.124	0.056	0.135	0.106	0.029
E.D.T.A + Pyr. + Sorb.	0.625	0.355	0.270	0.585	0.205	0.380	0.345	0.113	0.232	0.290	0.138	0.152

Tab. 8 : Mesure de la texture (Elasticité)

Temps d'entreposage	Témoin	Dextrose	Lab 230	M05	Sorbitol	Glycérol	Lycasin	E.D.T.A.	Pyruvate	EDTA + Pyr. + Sorb.
0 jours	146	102	110	110	121	136	120	130	128	133
18 jours	138.5	161.6	171.6	197.6	165.6	146.6	167	141.8	165.2	189.8
25 jours	71	128.5	156	189	123	83.5	79.5	143	141	92
34 jours	58	55	56	76	75	89	70	69	92	83

Experience N° 3.

Tab. 9 : Dosage des protéines solubles.  
(D.O. , 275 nm. U.V)

	0 jours d'entreposage			5 jours			18 jours			42 jours.		
Ech.	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff.	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff.	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff.	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff.
T	1.240	0.470	0.770	1.445	0.470	0.975	0.925	0.330	0.595	1.060	0.325	0.735
NT	1.240	0.430	0.810	1.255	0.445	0.810	0.750	0.280	0.470	0.780	0.260	0.520
LT	1.020	0.420	0.600	0.780	0.300	0.480	0.500	0.142	0.358	0.558	0.145	0.413
LNT	1.040	0.275	0.765	0.550	0.205	0.345	0.250	0.118	0.132	0.136	0.125	0.011
HT	1.080	0.320	0.760	0.645	0.380	0.265	0.485	0.155	0.330	/	/	/
H	1.080	0.290	0.790	0.390	0.265	0.125	0.160	0.118	0.042	0.183	0.140	0.043
ET	1.020	0.300	0.720	0.635	0.475	0.160	0.525	0.152	0.373	0.525	0.167	0.285
E	1.020	0.270	0.750	0.370	0.245	0.125	0.295	0.132	0.163	0.295	0.157	0.029

Tab. 10 : Mesure de la couleur

	T	NT	LT	LNT	HT	H	ET	E
x	0.370	0.355	0.360	0.345	0.353	0.349	0.350	0.345
y	0.340	0.344	0.356	0.348	0.354	0.348	0.349	0.346
y	0.190	0.222	0.245	0.285	0.227	0.255	0.250	0.267

Tab. 11 : Dosage des protéines solubles (D.O. , 275nm . U.V.)

Temps d'entreposage	0 jours			2 semaines			4 Semaines			8 Semaines		
Echantillons	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff
Non lavé, non traité	1.460	0.400	1.060	1.560	0.400	1.160	1.580	0.440	1.140	1.360	0.105	1.255.
Non lavé, traité	1.410	0.370	1.040	1.420	0.375	1.045	1.270	0.390	0.880	1.600	0.080	1.520
Lavé , Non traité	1.330	0.210	1.220	1.380	0.215	1.165	1.250	0.230	1.020	1.530	0.070	1.460.
Lavé , traité	1.180	0.215	0.965	1.200	0.200	1.000	1.160	0.225	0.935	-	-	-
Pyruvate	1.390	0.400	0.990	1.570	0.385	1.185	1.460	0.400	1.060	1.430	0.060	1.370
E.D.T.A.	1.530	0.415	1.115	1.600	0.365	1.245	1.640	0.400	1.240	1.260	0.070	1.190
Sorbitol	1.330	0.370	0.970	1.510	0.365	1.155	1.420	0.370	1.050	1.410	0.080	1.330
Pyruvate + Sorbitol	1.300	0.350	0.950	1.480	0.375	1.105	1.430	0.420	1.010	1.390	0.075	1.315
E.D.T.A. + Pyruvate	1.280	0.325	0.955	1.680	0.375	1.305	1.540	0.410	1.130	1.270	0.065	1.205
E.D.T.A. + Sorbitol.	1.330	0.370	0.960	1.600	0.385	1.215	1.460	0.400	1.260	1.280	0.075	1.205

Tab. 12 : Mesure de la texture (Elasticité)

Echantillons Temps d'entreposage	NLNT	NLT	LNT	LT	Pyr.	E.D.T.A.	Sorb.	Pyr + Sorb	Pyr + EDTA.	Sorb. + EDTA.
0 jours	191.5	213	182.5	182						
2 Semaines	192	219	98	101	179	180	226	217	159	192
4 semaines	116.5	144.5	68.5	68.5	137	114	153	165	133.5	141.5
8 semaines	134	198	45	/	181	148	186	136	122	148

Expérience N°5

Tab. 13 : Dosage des protéines solubles (D.O. , 275 nm . u.v.)

Temps d'entreposage	0 jours			1 mois			2 mois		
Echantillons	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff	NaCl	H <sub>2</sub> O	Diff
Non lavé	2,560	0.565	1.950	1.700	0.380	1.320	1.820	0.255	1.565
Lavé à l'eau (Temoin)	1.570	0.300	1.270	1.490	0.205	1.285	1.440	0.425	1.015
Lavé à l'hypochlorite	1.500	0.290	1.210	1.390	0.215	1.175	1.260	0.230	1.030
Lavé à l'EDTA. (E)	1.400	0.290	1.110	1.370	0.200	1.170	1.250	0.245	1.005
Dextrose				1.280	0.185	1.095	1.220	0.225	0.995
Lab 230				1.200	0.172	1.028	1.320	0.235	1.085
M 05				1.400	0.170	1.230	1.400	0.230	1.170
Glycérol				1.350	0.204	1.150	1.340	0.225	1.115
Sorbitol (s)				1.260	0.184	1.076	1.280	0.260*	1.020
Lycasin				1.270	0.174	1.096	1.320	0.240	1.080
Pyruvate (P)				1.550	0.230	1.320	1.350	0.250	1.100
Sorb + EDTA. + Pyr				1.220	0.245	0.975	1.380	0.255	1.125
Lavé à l'hyp + S,P,E				1.260	0.242	1.018	1.330	0.320	1.010
Lavé à l'EDTA + PS				1.260	0.265	0.995	1.320	0.255	1.065

\* Valeur estimée

Tab. 14 : Mesure de la texture (Elasticité)

Echantillons	Non lavé	Lavé à l'eau	Lavé à l'hyp	Lavé à l'EDTA	Dextrose	Lab 230	M05	Glycérol	Sorbitol	Lycasin	Pyruvate	S+E+P	Hyp. & S+E+P	EDTA & P+S
Temps d'entreposage														
0 jours	177	102	107	170										
2 semaines	139	72	110	76	76	69	88	91	96	71	74	105	88	126
4 semaines	159	55.5	53	64.5	67.5	85	70.5	82.5	74.5	69	70	88	96	138
8 semaines	148	57	60.5	63	77	68.5	77.5	57	57	57	46	88	82.5	109.5

Experience N° 6