

Aptitude des calmars à la conservation

à l'état frais ou congelé.

par H. DURAND
et Hi-Yul PARK

Juillet 1978

Summary.

Among underutilized species in France, likely to partly fill the place of traditional species which are becoming scarce, are cephalopods (squid, cuttlefish...). These molluscs are in great amounts every where in the world, and they present the interest of a rather fast growing.

In view to test processing possibilities of these molluscs, first we took interest in studying raw material.

Composition changes related to the period of the year, edible flesh yields according to size, and quality change of fresh squids in melting ice, on gutted and ungutted state have been studied. For this purpose classical chemical tests and sensory assessment tests have been used. An organoleptical table, suitable for cephalopods have been drawn up. Furthermore some skinning trials were made, in order to determine best conditions for this operation : nature and temperature of dipping bath.

In a second step, we have studied freezing and thawing speeds, according to methods : blast air and contact freezing, water and still air thawing at several temperatures. We have noted the influence of these proceedings on muscle structure, in frozen and thawed state.

Résumé.

En France, parmi les espèces sous exploitées susceptibles de remplacer en partie les espèces traditionnelles qui se raréfient, figurent notamment les céphalopodes : calmars, encornets, seiches. Ces animaux existent en grandes quantités partout dans le monde et de plus ils présentent l'avantage d'avoir une vitesse de croissance assez rapide.

Dans le but d'étudier les possibilités de transformation de ces céphalopodes, nous nous sommes tout d'abord intéressés à l'étude de la matière première.

Dans un premier temps nous nous sommes attachés à l'étude de la variation de composition au cours du temps, au calcul des rendements en chair comestible selon la taille, ainsi qu'à l'étude de l'altération en glace de ces céphalopodes, vidés ou entiers. Cette étude a été suivie au moyen de tests chimiques classiques et par des tests organoleptiques. Pour ce faire, nous avons établi un tableau de cotation de fraîcheur adapté aux céphalopodes. Enfin différents tests de pelage ont été effectués, afin d'essayer de déterminer les conditions optimales nécessaires à cette opération : nature et température du bain d'immersion.

Dans une seconde étape nous avons étudié les vitesses de congélation et de décongélation des calmars selon diverses méthodes : congélation à l'air ou par contact, décongélation à l'eau et en air calme à plusieurs températures, ainsi que les conséquences de ces transformations sur la structure des tissus, à l'état congelé et à l'état décongelé.

Aptitude des calmars à la conservation
à l'état frais et congelé.

I. Introduction.

La diminution continuelle des stocks d'espèces exploitées traditionnellement par les pêcheurs et les transformateurs les conduit de plus en plus à chercher de nouvelles matières premières. La substitution d'espèces devient chaque jour plus nécessaire et on assiste actuellement à de nombreuses tentatives d'utilisation d'espèces jusqu'alors non commercialisées ou sous utilisées. C'est ainsi que divers poissons d'eaux profondes (merlan bleu, chimères...) ou des zones antarctiques (Notothenia, channichtidés...) ont suscité l'intérêt de diverses nations.

Parmi les espèces pouvant intéresser l'industrie française, figurent les céphalopodes. Ces mollusques, très utilisés par les pays asiatiques (Japon, Corée du Sud, Chine) restent très peu employés en France tout au moins pour la transformation.

Les caractéristiques les plus intéressantes de ces espèces sont, outre la bonne qualité de leur chair, d'une part, la brièveté du cycle de vie (environ deux ans), et la rapidité de croissance, d'autre part l'importance des ressources potentielles.

On estime les captures à environ 1 million de tonnes dans le Pacifique Nord Ouest dont 600 000 par le Japon, la Chine et la Corée du Sud. Les réserves du Pacifique Nord Est sont estimées à 600 000 T.

En ce qui concerne l'Atlantique, la région Centre Est produit 300 000 T et aurait un potentiel de 1 million de tonnes, la région Nord-Est aurait un potentiel d'également un million de tonnes, et la région Nord Ouest un potentiel compris entre 0,5 et 1 million de tonnes.

Enfin, en Méditerranée, le potentiel est estimé à 100 000 T, et la production actuelle à 40 000 T.

Au total, en ne considérant que les espèces des plateaux continentaux où l'on pêche habituellement, les réserves sont estimées à 8 millions de tonnes, et les captures pourraient atteindre 4 millions de tonnes par an, soit quatre fois la production totale actuelle.

II. Matières premières.

L'étude rapportée ici a eu pour but de déterminer l'aptitude à la conservation, puis à la transformation des principales espèces rencontrées sur les côtes françaises.

Ces espèces sont surtout la seiche, (Sepia officinalis) le calmar (Loligo vulgaris), l'encornet (Illex coindetti) et en Méditerranée le poulpe. L'encornet du Nord Ouest Atlantique, Illex illecebrosus, pourrait aussi intéresser les pêcheurs français dans la zone de Saint Pierre et Miquelon.

Le calmar et la seiche sont les deux espèces les plus prisées actuellement sur le marché français.

Dans un premier temps, notre étude a porté sur le calmar (Loligo vulgaris), en provenance des côtes françaises de la Manche. Ils ont été pêchés par environ 50° de longitude nord et entre 0° et 1°W de latitude.

De très nombreuses études tant biochimiques que technologiques ont été effectuées sur les céphalopodes, mais elles ont toutes eu lieu au Japon et en Corée du Sud, sur les espèces de ces pays, qui en sont depuis longtemps de grands consommateurs.

TANAKA (1958) et TANIKAWA (1952) ont mis en évidence les deux systèmes de fibres musculaires, perpendiculaires l'un à l'autre, et précisé la structure de la peau qui est formée de quatre couches, les cellules pigmentées se trouvant entre la première et la seconde couche.

Les travaux sur la composition du muscle (MOTOHIRO et TANIKAWA, 1952, SHIMIDU, 1955, TAKAHASHI, 1965) montrent que les céphalopodes contiennent de 77 à 80 % d'eau et 1 à 1,5 % de matières grasses. Le poids de chair comestible varie assez peu avec la saison, contrairement aux viscères, les rendements pouvant approcher les 80 % (60 % pour le manteau, 20 % pour la partie céphalopodique).

Les teneurs en azote aminé non protéique peuvent être très élevées et atteindre parfois jusqu'à 50 % de l'azote total (ENDO, 1954). Il semble que dans ces composants, certains acides aminés tels que proline, alanine, glycine, qui existent en grande quantité soient responsables de la saveur spécifique de ces mollusques (MIGITA, 1953), de même que la bêtaïne.

L'oxyde de triméthylamine (TMAO) est également présent en grandes quantités (KONOSU et coll. 1958), mais selon ENDO et coll. (1962), les teneurs sont inversement proportionnelles à celles des acides aminés libres, selon les espèces.

Les études sur l'altération montrent que l'azote basique volatil total (ABVT), la triméthylamine (TMA) et l'ammoniac (NH_3) augmentent régulièrement dans le temps (MOTOHIRO, 1952, SHIMIDU et coll. 1955) et peuvent donc être utilisés comme tests de l'altération bactérienne. En ce qui concerne le pH, sa croissance est régulière et on n'observe pas comme chez les poissons l'apparition d'une valeur minimum.

Il a également été montré que lorsque le pH devient basique et que l'on atteint dans le muscle environ 30 mg % g d'ABVT, il y a rupture des cellules pigmentées de la peau, et apparition d'une coloration rouge.

Par contre il ne se forme que peu ou pas de formaldéhyde et diméthylamine (HARADA et YAMADA, 1969), et de l'histamine a été trouvée occasionnellement à de faibles teneurs, de l'ordre de 15 à 20 mg % g.

Enfin cette matière première offre autant de calories qu'un poisson maigre et sa composition en acides aminés est comparable à celle du poisson.

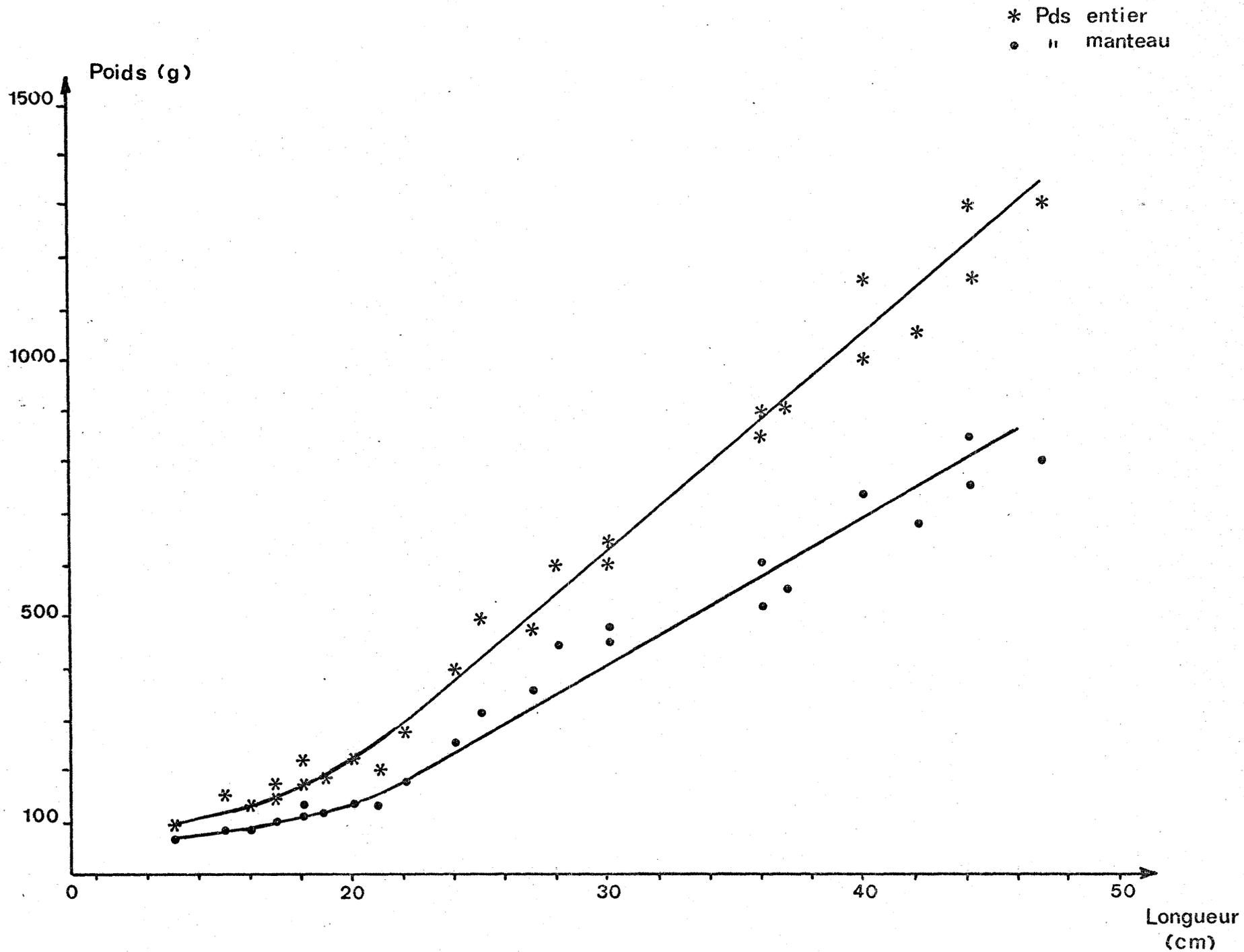


Fig. 1.- Relation taille - poids.

Nous avons étudié dans un premier temps la composition des calmars au cours de l'année, les rendements obtenus, l'altération en glace et les conditions de congélation - décongélation de ces produits.

Ces essais ont pour but d'améliorer la connaissance des espèces françaises, ainsi que préciser certaines caractéristiques ayant leur importance pour la transformation de ces produits par les industriels français.

III. Rendements - Composition.

Les relations existant entre la taille et le poids des calmars utilisés sont représentées sur la figure 1.

Les rendements moyens obtenus, calculés uniquement sur le manteau augmentent avec la taille. Ils se situent aux environs de 60 % pour les calmars de taille petite ou moyenne ($L \leq 25 - 27$ cm) et vers 63 - 64 % pour les plus gros.

Si l'on tient compte de toute la chair consommable c'est à dire y compris les parties comestibles de la tête et des tentacules, ces rendements peuvent atteindre 75 à 78 %. Ils correspondent à ceux obtenus par les industriels d'Extrême Orient.

Par contre ces rendements peuvent tomber jusqu'à 50 % par suite de la présence d'oeufs ou d'organes sexuels très développés.

Les teneurs en eau, en protéines, en matières grasses, en cendres et en azote non protéique ont été déterminées sur 7 échantillons de calmars, pêchés de mois en mois, entre décembre et juin.

La composition semble être assez constante au cours des mois considérés (tableau 1), et être caractérisée d'une part par une teneur assez élevée en eau qui est systématiquement supérieure à 80 %, d'autre part par une teneur en graisse très faible. En outre, il semble que les protéines participent à l'équilibre avec l'eau.

Mois	Eau %	Protéines %	Lipides %	Cendres %	N ₂ non protéique % NT
Décembre	80,56	16,3	1	1,86	29,4
Janvier	81,76	14,62	0,5	1,67	31,38
Février	80,70	14,16	1	1,77	33,77
Mars	83,55	14,06	0,61	0,91	34,65
Avril	82,08	16,25	0,38	1,45	30,3
Mai	80,43	16,54	0,50	1,55	32,5
Juin	80,87	15,50	0,40	2,2	33,1

Tableau 1.- Variation de composition chimique.

On note également des teneurs en composés azotés non protéiques assez élevées, teneurs beaucoup plus fortes que chez les poissons.

IV. Tests d'altération en glace.

L'évolution de la qualité du produit frais a été suivie par des mesures organoleptiques et chimiques, sur des calmars entreposés en glace fondante.

Notons que l'état du calmar cru peut varier quelque peu avec la saison et la méthode de pêche (état de la peau par exemple).

- Cotation organoleptique.

Les examens organoleptiques ont été codifiés au moyen de deux tableaux de cotation, du même type que celui utilisé en France pour le poisson frais. L'un vaut pour le calmar cru, l'autre pour le calmar cuit (tableaux 2 et 3). La cuisson a été effectuée selon une des méthodes préconisée dans les projets de normes du Codex alimentaire : cuisson en sachet plastique scellé, immergé en eau bouillante jusqu'à ce que la température interne atteigne 70°C.

L'expérience montre que l'utilisation de tels tableaux permet de transformer des notions subjectives d'appréciation visuelle et d'observation de caractères simples en données objectives par le moyen de la notation. Les indices obtenus ont alors une valeur propre et sont par exemple susceptibles d'être traités par voie statistique.

En outre les céphalopodes faisant l'objet d'un commerce international entreront plus ou moins rapidement parmi les produits visés par le Codex.

Dans le tableau 2, nous n'avons pas pris en considération certains critères tels que la rupture de la poche d'encre ou de tentacules, l'allongement de la masse viscérale parce qu'ils sont trop sujets à variation selon les techniques de pêche.

Il faut en outre signaler au sujet du tableau 3 que si le calmar

caract. observé \ note	10	9	8	7	6	5	4	3	2
couleur peau	brun à violet clair brillant	-	se décolore	-	décoloré	-	rose	-	rouge
adhérence peau	très bonne	-	ne s'enlève qu'aux endroits adhérente autre part	-	se décolle avec difficulté	-	se décolle totalement et facilement	-	-
odeur generale	marine, sui generis	-	affaiblie	-	neutre	-	devient désagréable	-	altérée
couleur chair nageoire	blanc nacré brillant	blanc mat	taches jaunes	jaune étendu	rose	-	rouge	-	-
couleur chair manteau	blanc nacré brillant	blanc mat	blanc gris	-	taches jaunes	-	jaune étendu	rose	rouge
couleur chair extrém. tentac.	blanc	-	rose	-	rouge	-	-	-	-
fermeté chair	ferme	-	élastique	-	souple	-	mou	-	flasque
surface chair	lisse	-	lisse	-	légèrement granuleux sous la main	assez granuleux	faibles mucosités	-	mucus abondant

Tableau 2. Examen organoleptique à l'état cru.

caract - observé \ note	10	8	6	4	2
odeur	agréable spécifique	affaiblie	neutre	désagréable	altérée
savoir	"	"	"	"	"
texture à la mastication	ferme mais croquant	ferme	un peu résistant	caoutchout. élastique	-
couleur de l'exsudat	incolore	jaune pâle	jaune rosé	rose	rouge
fermeté tissu (écrasement entre les doigts)	ferme résiste bien	-	s'écrouse un peu	mou	-

Tableau 3. Examen organoleptique après cuisson.

est cuit avec la peau, les critères de couleur de l'exsudat varient en sens inverse, cette couleur allant du rougeâtre au rose, au décoloré puis au jaune.

- Tests chimiques.

L'altération des produits carnés se produit selon deux processus, enzymatique et bactérien.

Dans les produits de la mer, elle commence par une dégradation enzymatique due aux enzymes du tissu, puis l'altération bactérienne commence, et étant la plus rapide devient prépondérante.

Il est important de connaître ces deux processus. On sait que lorsque l'on congèle sitôt la pêche, la connaissance de la vitesse de dégradation enzymatique est primordiale, alors que lors d'une conservation en glace l'altération bactérienne devient prédominante.

Des déterminations du rapport K représentant la dégradation des nucléotides ont été effectuées et n'ont pas donné les résultats escomptés.

Les nucléotides se dégradent généralement comme suit :



et le facteur K est défini selon le rapport suivant :

$$K = \frac{\text{INO} + \text{HX}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{INO} + \text{HX}}$$

Il semble que la variation de ce facteur soit très rapide, et que dès le troisième jour après la capture on ait atteint un palier (t = 3 j : K=50 ; t = 18 j : K = 72) (fig. 2).

Les tests chimiques retenus ont été la mesure du pH, et celles de l'ABVT, de la TMA et du TMAO. Les dosages ont été effectués selon les méthodes utilisées couramment au laboratoire central de contrôle.

Les essais ont été faits sur des calmars entiers et vidés, afin d'estimer l'augmentation éventuelle de durée de conservation, apportée par

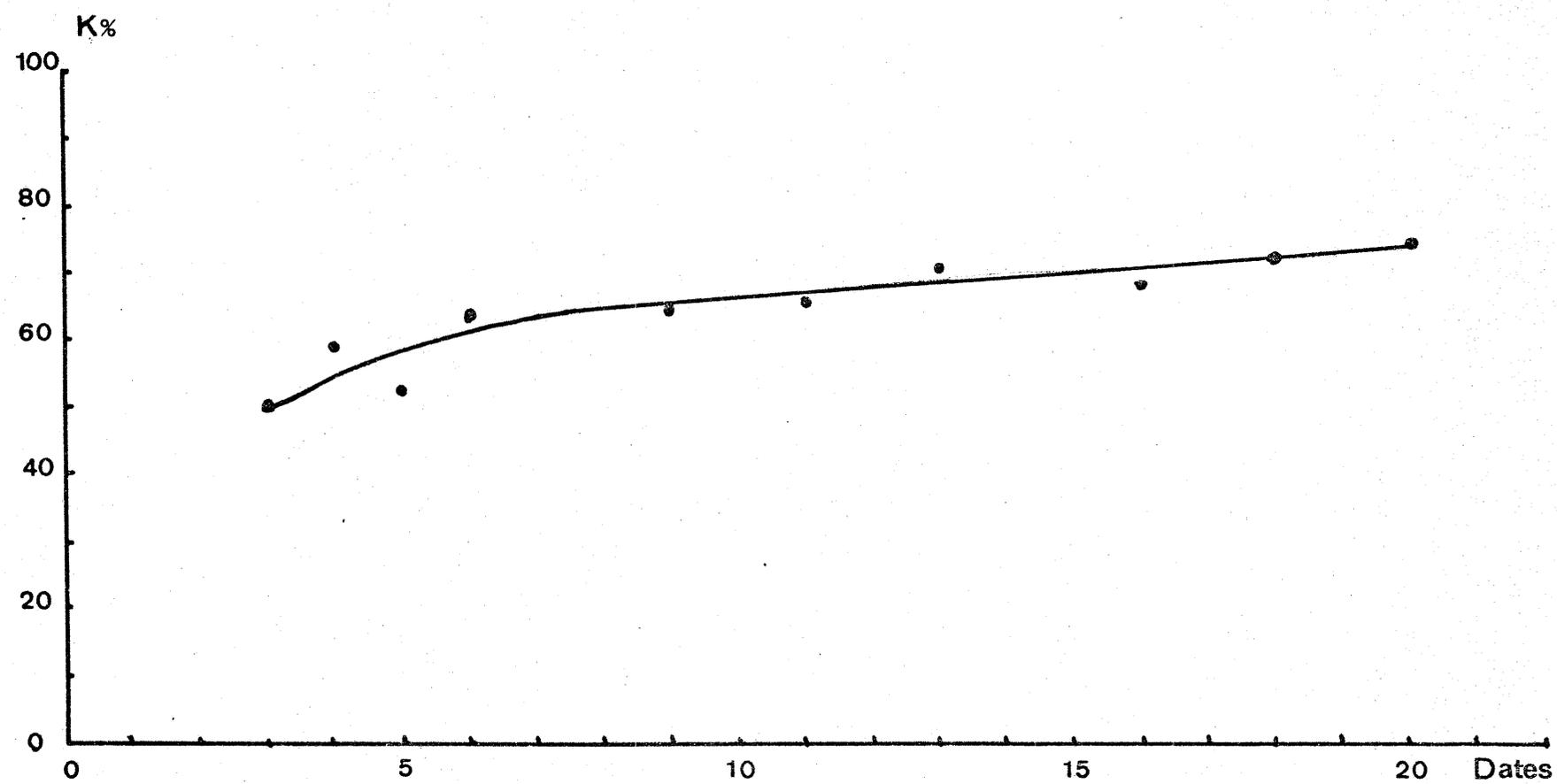


Fig. 2. - Evolution du rapport K.

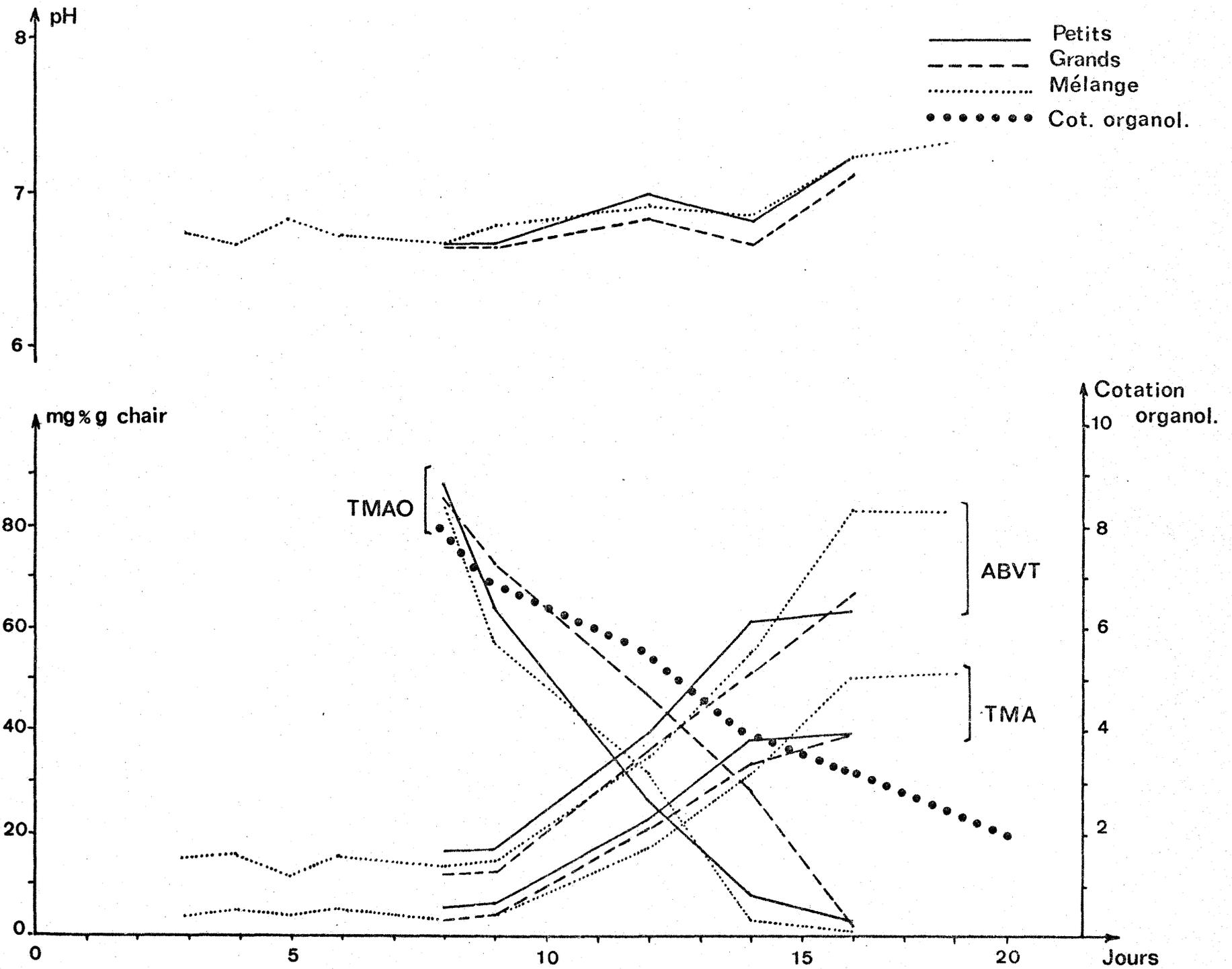


Fig. 3.- Altération de calmars non vidés.

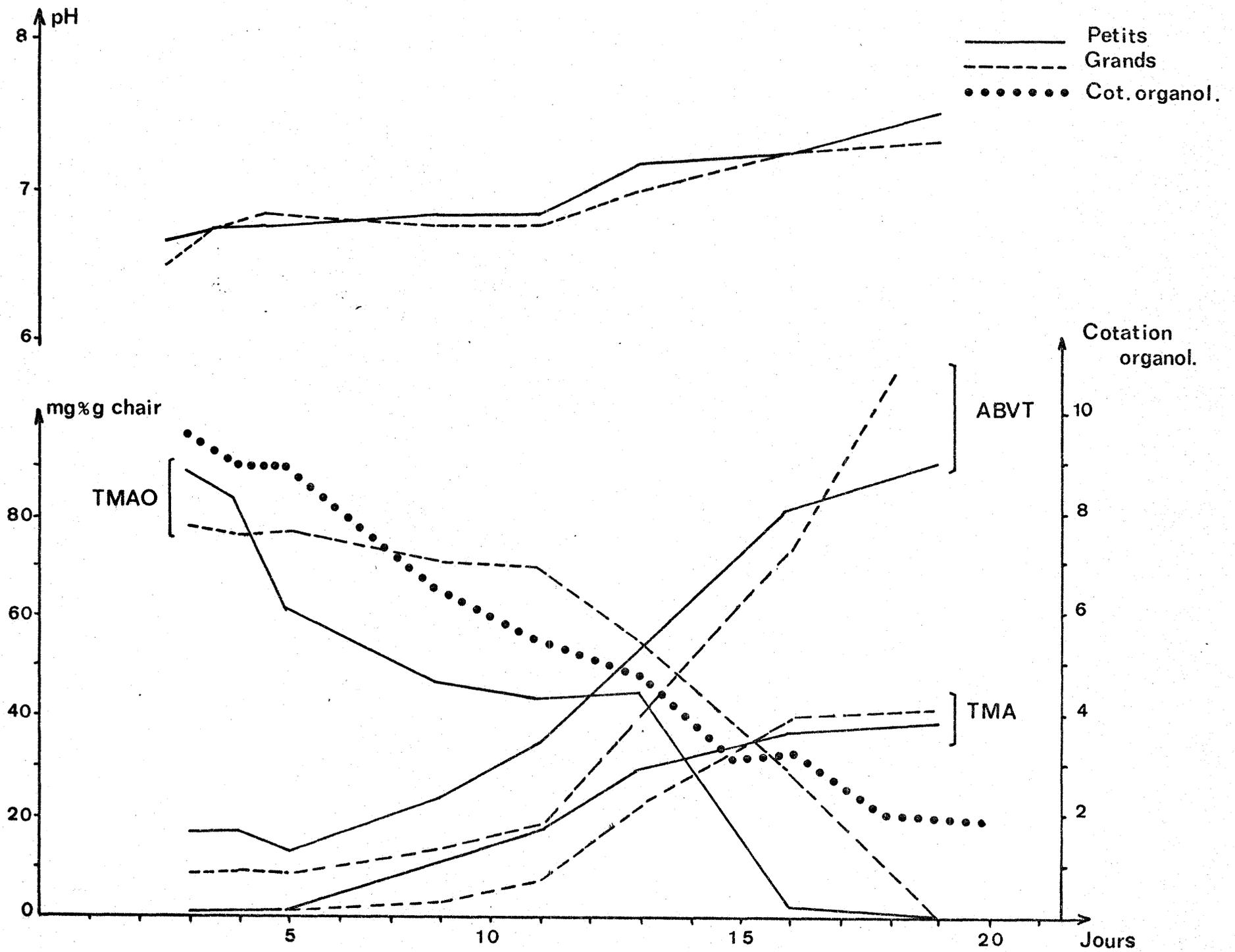


Fig. 4.- Altération d'encornets vidés.

une éviscération à bord. Une comparaison a été également faite entre deux groupes de calmars classés selon leurs tailles.

Les résultats sont représentés sur les figures 3 et 4.

D'après les résultats des tests, la limite d'acceptabilité semble se situer entre 10 et 12 jours, ce qui correspond à des teneurs en ABVT comprises entre 30 et 40 mg % g de chair, et à un indice d'altération compris entre 5 et 6. Jusqu'au 9ème jour l'indice organoleptique reste supérieur à 7 et le taux d'ABVT inférieur à 20 mg % g.

On peut ainsi définir les catégories suivantes :

10 - 9	Très bon
8 - 7	Bon
6	Moyen
5	Limite de consommation en frais.

Il ne semble pas y avoir de différence notable entre calmars entiers et calmars vidés. En effet les rapports entre TMA, ABVT et indices organoleptiques en fonction du temps sont sensiblement les mêmes (tableau 4).

Dans les deux cas, et comme on pouvait s'y attendre, les calmars petite taille s'altèrent plus vite que les grands. Pour les calmars entiers, l'écart est d'environ 5 mg % g d'ABVT tout le long de la durée de l'essai. Chez les calmars vidés cependant cette différence est plus sensible, l'écart étant de 10 mg % g.

	Jours	0 - 8	10	11	12
Vidé	ABVT	10 - 20	30	35	40
	TMA	< 10	10	15	20
	Organolept.	9 - 7	6	6	5
Non Vidé	ABVT	< 20	25	30	40
	TMA	5 - 10	10	15	20
	Organolept.	8	6,5	5,5	5

Tableau 4. - Altération comparée de calmars vidés ou non

V. Essais de Pelage.

Lors d'une transformation ultérieure des calmars (conserve, séchage, fumage), une des premières opérations devra être le pelage. Nous avons tenté de déterminer la ou les méthodes les plus aisées pour faciliter cette opération.

En effet, la peau du céphalopode est constituée de 4 couches superposées et s'il est assez facile d'ôter les deux premières, un pelage total est souvent difficile.

Sous l'action de la chaleur, il se produit une destruction du tissu conjonctif avec élimination d'eau et création d'interstices entre les différentes couches. C'est pourquoi les japonais préconisent - entre autres méthodes - l'immersion en eau chaude.

Nous avons effectué plusieurs essais, en saumure légère ou en eau douce, à diverses températures et pendant diverses durées. Les résultats figurent dans le tableau suivant.

Température	40°C			50°C			60°C		
Durée (mn)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Eau douce	1	3	4	4	5	6	6	5	5
Saumure 5 %	3	4	5	6	6	6	6	5	5
Saumure (S 5) 10 %	4	5	6	6	6	6	6	5	5
(S 10)	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Tableau 5. - Tests de Pelage de calmar.

Les chiffres figurant dans le tableau correspondent au degré de facilité du pelage, la graduation dans le sens d'une facilité croissante allant de 0 à 6 (0 = très difficile ; 6 = très facile). Ces résultats sont représentés également sur la figure 5.

Il ressort de ces essais que le pelage des calmars se fait dans

les meilleures conditions après 10 à 15 mn en eau douce à 50°C ou en saumure à 50°C.

Au-delà de 5 mn à 60°C, on observe un début de cuisson superficielle et une coagulation de la dernière couche cutanée qui rend le pelage plus délicat. Notons enfin que si les calmars sont agités dans le milieu, le pelage peut s'effectuer en grande partie seul, la peau se détachant au cours de l'agitation des calmars les uns contre les autres.

VI. Congélation - Décongélation.

Des essais de congélation et de décongélation ont été faits. Nous avons travaillé sur des blocs parallélépipédiques de 38,5 x 22,5 x 6,5 cm, contenus dans des bacs en aluminium.

Les blocs ont été congelés en tunnel à air pulsé, à - 30°C et - 35°C, ainsi que par contact, en congélateur à plaques horizontales, à - 40°C. Dans ce dernier cas, la surface des calmars est recouverte d'une feuille de papier aluminium, et nous avons vérifié qu'il y avait un contact intime entre les plaques et les faces des blocs.

Les mesures de températures ont été faites au moyen de thermocouples Cu - Ct, reliés à un enregistreur potentiométrique à plusieurs voies MECI. Les sondes ont été placées en plusieurs endroits, mais toujours au milieu de l'épaisseur des blocs.

Les résultats sont portés sur la figure 6. On remarque que le temps d'arrêt thermique (palier entre 0° et - 5°C) est 3 à 4 fois plus long dans l'air que lors de la congélation par contact. En outre, lors de la congélation dans l'air, un écart de température de congélation de 5°C (passage de - 35° à - 30°C) augmente la durée du palier de 50 %.

L'avantage du système de congélation rapide, outre le gain de temps est la formation de microcristaux de glace, donc une meilleure qualité du produit.

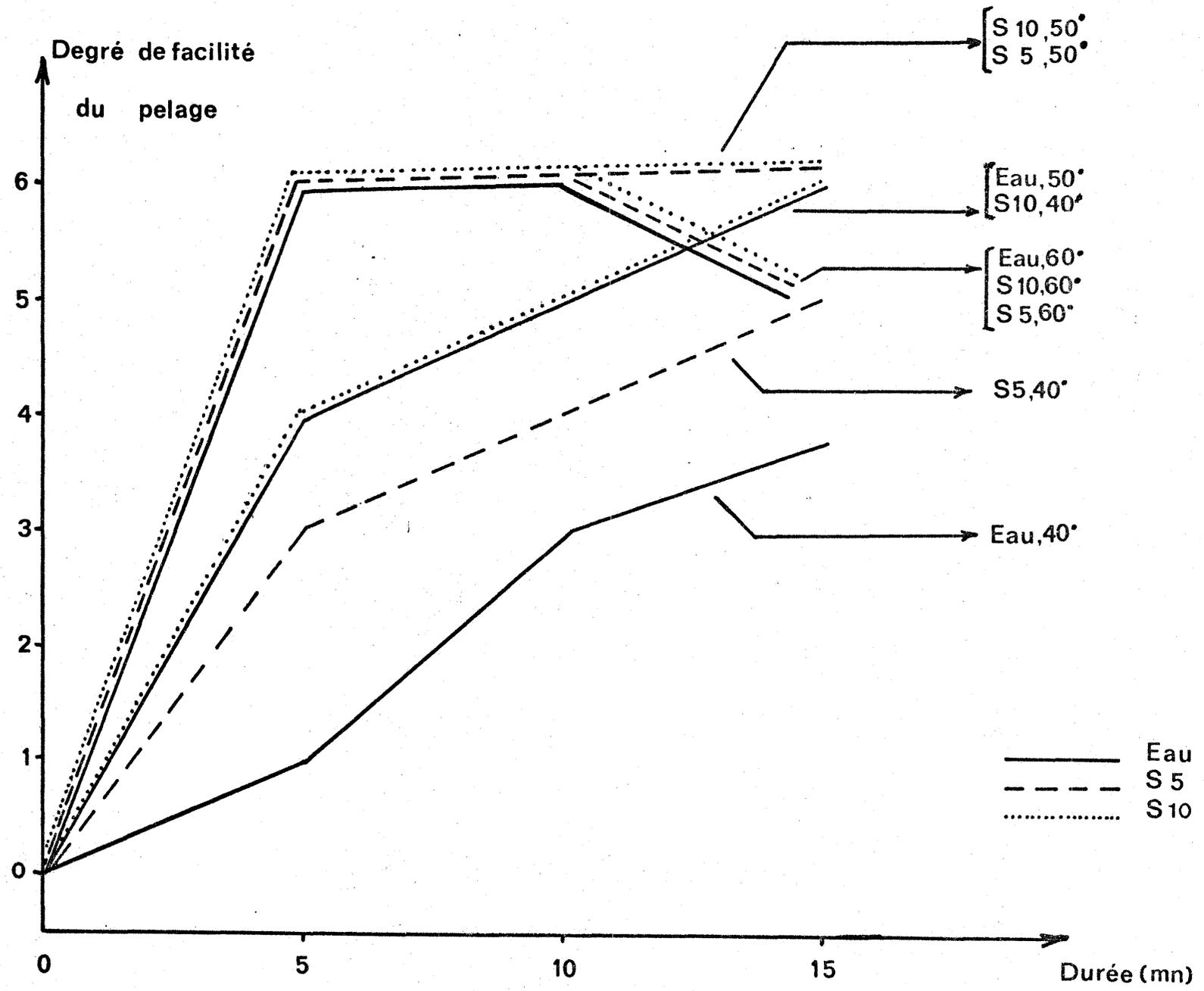


Fig. 5.- Tests de pelage.

produit.

Les décongélations ont été effectués en air calme, régulé à + 10° et + 20°C, et en eau douce à + 12°, + 15°, et + 19°C.

Dans ce dernier cas l'appareil comporte deux compartiments ou bacs, reliés entre eux par une pompe de circulation. La décongélation se fait par immersion des blocs dans l'un des bacs, le second servant à réguler la température de l'eau recyclée.

Les résultats obtenus (fig. 7) montrent la grande différence entre les deux modes de décongélation, les durées étant de quatre à six fois plus importantes dans l'air que dans l'eau.

On observe en outre que la décongélation est un phénomène beaucoup plus lent que la congélation. Ceci est bien connu et dû à la différence de conductibilité thermique entre le poisson congelé où l'eau est à l'état cristallisé et le poisson frais où l'eau est à l'état liquide. Ainsi, pour un même écart de température entre le produit et le milieu et un même milieu, soit 40°C par exemple (+ 10, - 30 pour la congélation à l'air ; et - 20, + 20 pour la décongélation à l'air), la durée de décongélation est double de celle obtenue pour la congélation.

D'un point de vue pratique, la décongélation à l'air est la plus simple mais nécessite environ 24 H, pour des blocs de 6,5 cm d'épaisseur. Une décongélation à l'eau peut par contre permettre d'effectuer cette opération et une transformation ultérieure dans la même journée.

VII. Etude des microstructures.*

Les structures des produits congelés et décongelés ont été examinées en comparaison avec le muscle frais.

Les préparations ont été effectuées selon les techniques habituelles de l'histologie. Après prélèvement et fixation au Carnoy II, les échantillons sont déshydratés à l'alcool absolu puis coupés au microtome. Après une coloration de Mallory, les examens sont faits au microscope, au grossissement x 60.

* Ces essais ont été faits avec la collaboration de Melle A. HADJADJ du Laboratoire du Froid de l'ISTPM.

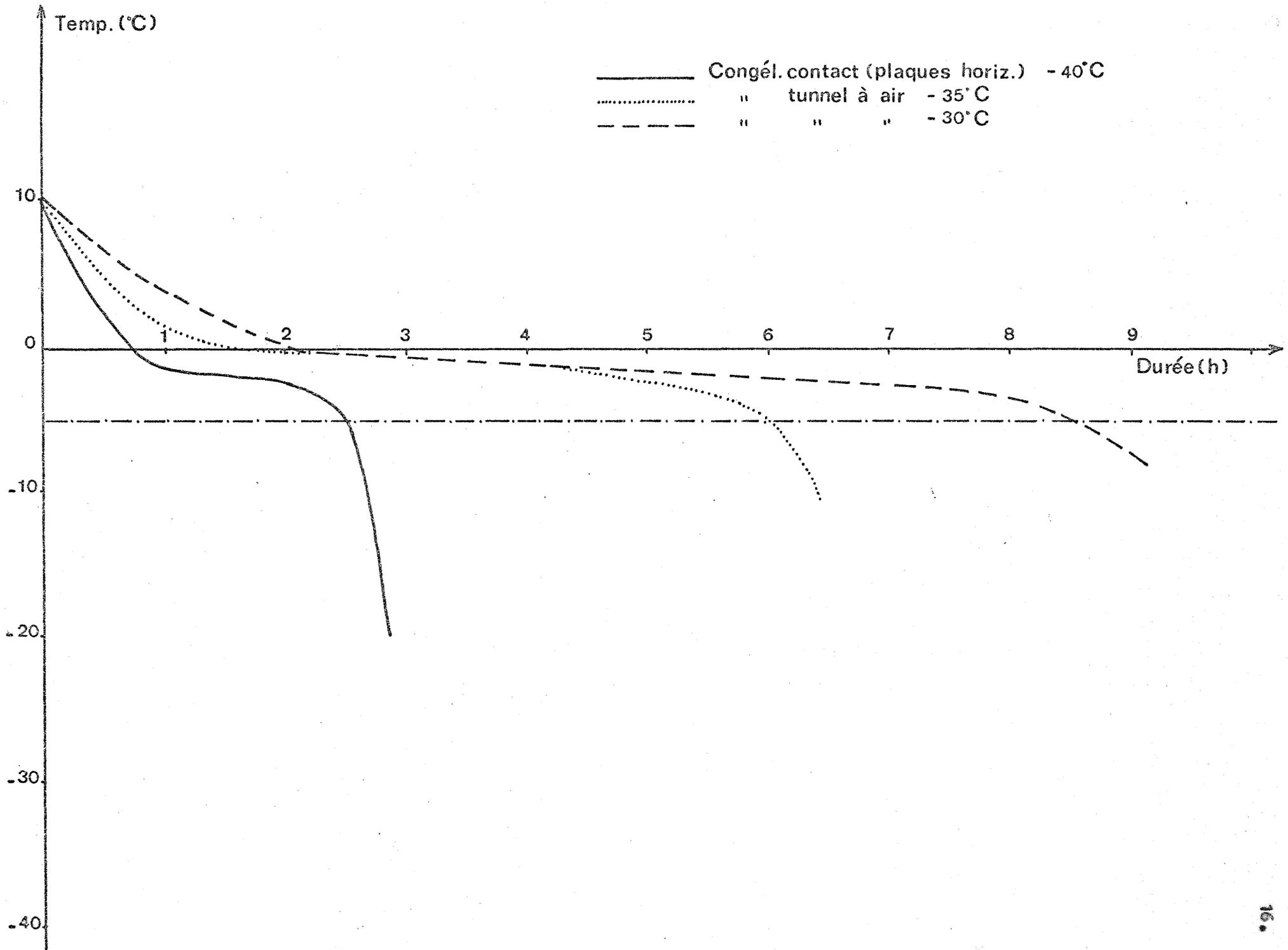


Fig. 6.- Congélation en tunnel et par contact.

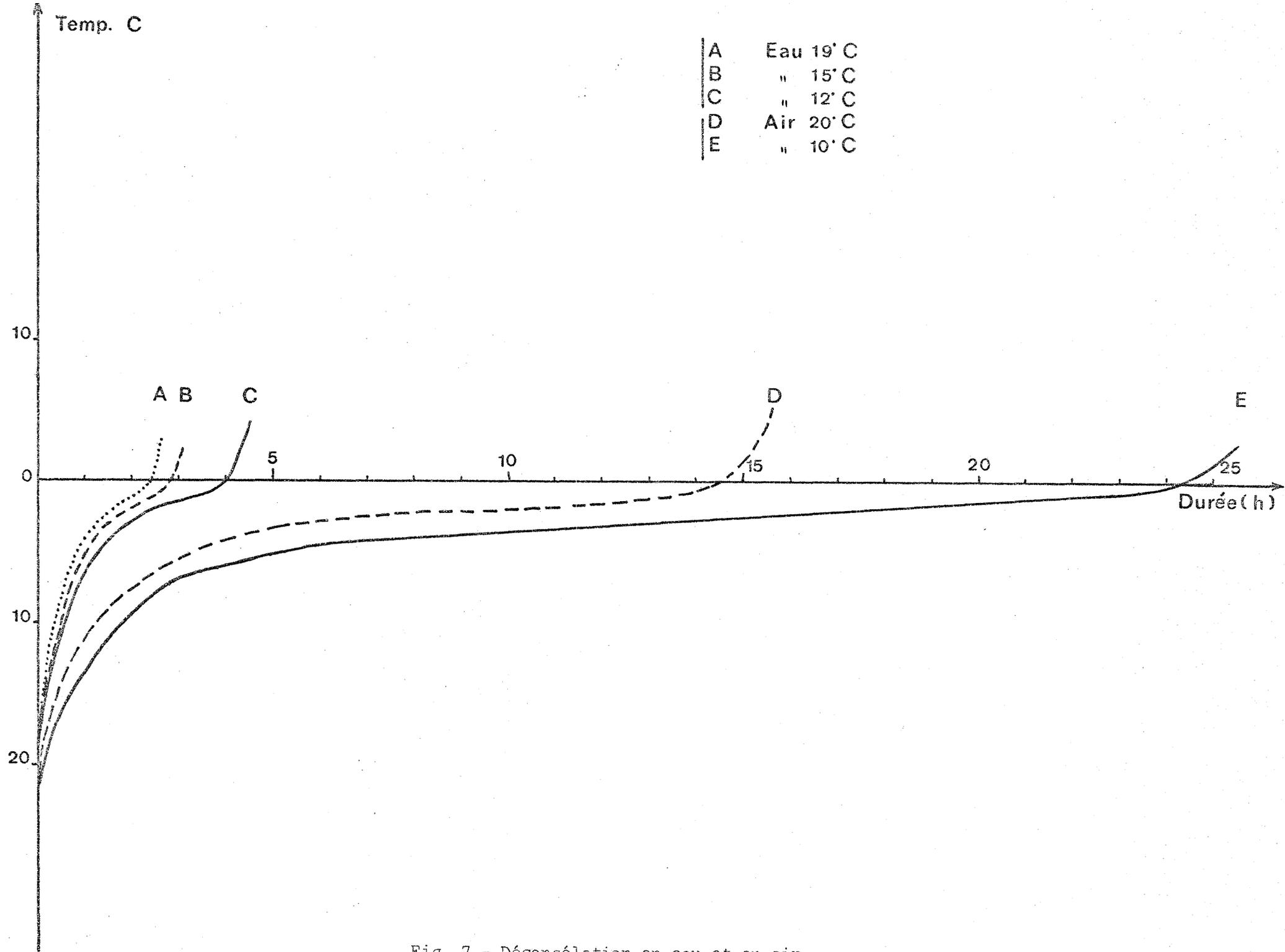


Fig. 7.- Décongélation en eau et en air.

- La structure du manteau de calmar frais (fig. 8) montre deux systèmes musculaires imbriqués perpendiculairement l'un à l'autre, l'un longitudinal, l'autre circulaire.

- L'étude de la structure des produits après congélation (fig. 9 et 10) fait apparaître chez les calmars congelés par contact à -40°C des cristaux plus petits et plus nombreux que pour la congélation en tunnel, avec une nette orientation selon le sens des fibres musculaires. Ceci est plus net sur les coupes longitudinales, et montre à l'évidence que la congélation par contact donne un produit relativement proche du calmar frais.

- L'examen microscopique des produits décongelés montre - notamment sur les coupes longitudinales - que pour un produit congelé donné, la structure est sensiblement la même, quelle que soit la technique de décongélation (fig. 11, 12, 13 : décongélation après congélation par contact ; fig. 14, 15, 16 : décongélation après congélation en tunnel).

On peut également noter sur ces mêmes figures que les structures superficielles sont plus proches de la structure du produit frais que les structures profondes. Ceci est dû au fait que les parties externes sont congelées puis décongelées beaucoup plus rapidement.

Cependant on remarque (fig. 14) que les structures les moins dénaturées sont obtenues sur les prélèvements de surface d'échantillons congelés en tunnel à -35°C , quelle que soit la décongélation.

En ce qui concerne celle-ci les meilleurs résultats sont obtenus à partir de l'eau ou mieux de l'air à $+20^{\circ}\text{C}$.

Toutes ces observations se retrouvent bien que de façon moins nette, sur les coupes transversales (fig. 17 à 22).

Conclusion.

Ces essais préliminaires nous ont permis de mieux connaître une matière première ayant un grand potentiel d'utilisation et que l'on peut pêcher en abondance dans les zones traditionnelles de pêche française.

La durée de conservation en frais a été étudiée et estimée à 11 à 12 jours, en glace fondante. Ces essais nous ont amenés à établir un tableau de cotation organoleptique particulier à cette espèce.

Les rendements en chair consommable se situent entre 60 et 65 % pour le manteau et 75 % environ si l'on y inclue la tête et les tentacules à l'exception du bec et des yeux.

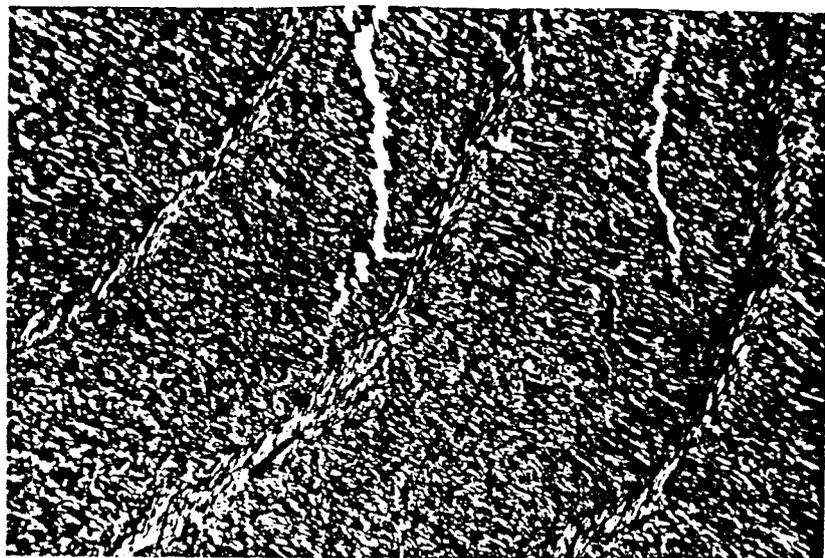
Le calmar peut être pelé aisément par immersion en eau ou en saumure à 50°C pendant 10 mn.

Les examens de structures sur produits congelés et décongelés montre que si le produit congelé par contact est le moins dénaturé, c'est le produit décongelé à l'air à + 20°C à partir de blocs congelés à l'air pulsé qui garde la structure la plus proche du produit frais si l'on se réfère à l'examen des couches superficielles.

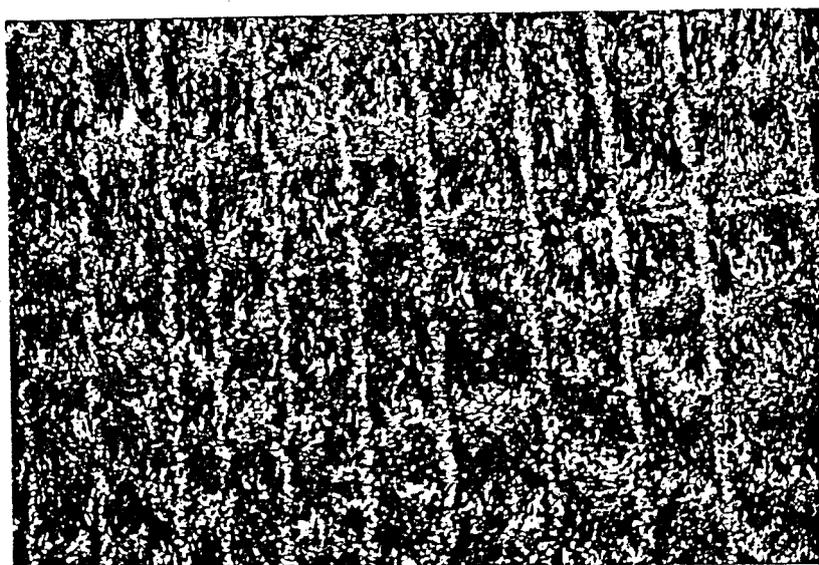
Ces essais serviront d'introduction à des travaux ultérieurs concernant l'évolution de la qualité du produit avec l'entreposage et la transformation en conserves, produits fumés ou séchés, à partir de céphalopodes frais ou congelés et ce après diverses durées d'entreposage.

Références bibliographiques.

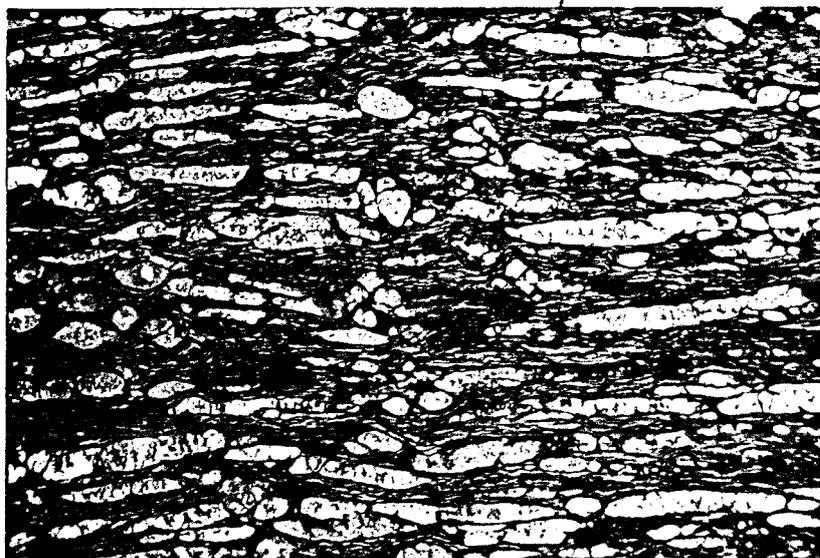
- BRIANTAIS A. - 1974. L'exploitation des céphalopodes - La Pêche maritime n°1150
- FIEGER E.A., NOVAK A.F.- 1961. Fish as food. Vol. 1. G. Borgström Ed. Academic Press
- GILLIES M.T.- 1975. Fish and shellfish processing. Noyes Data Corp.
- KAWATA A., TAKAHASHI T. 1955. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. Vol. 20 p. 888
- MATSUMOTO J.J. - 1958. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. Vol. 24. p. 133.
- MESNIL B. 1977. L'exploitation des céphalopodes. Situation et perspectives
Science et Pêche n° 265.
- SOUDAN F.- La conservation par le froid des poissons, crustacés et mollusques
1965. J.B. Baillères et fils, Ed. Paris.
- TAKAHASHI T.- 1973. Techn. Conf. on Fish Products FAO. Tokyo. Doc. E.14
- TAKAHASHI T.O.- 1965. Fish as food. Vol. 4. G. Borgström Ed; Acad. Press.
- TANIKAWA E.- 1971. Marine Products in Japan. 1 Vol. Koseisha Koseikaku Co.



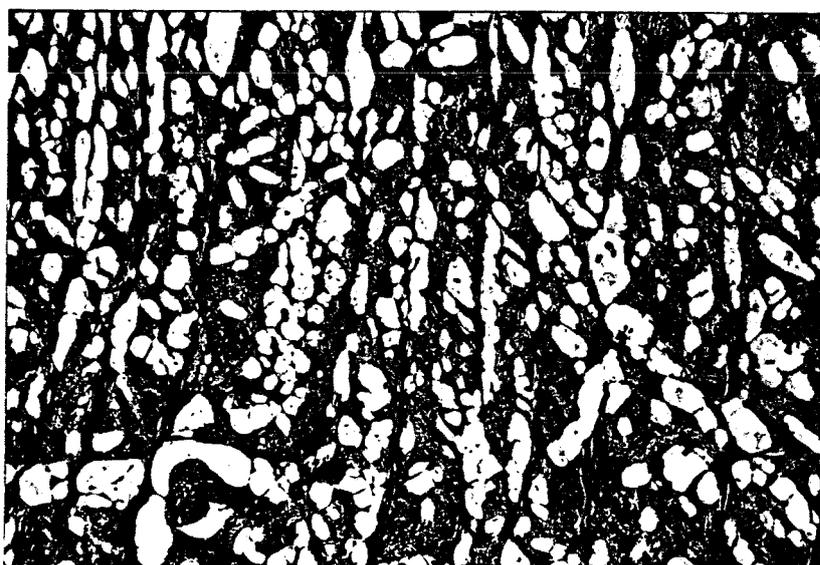
Coupe transversale



Coupe longitudinale



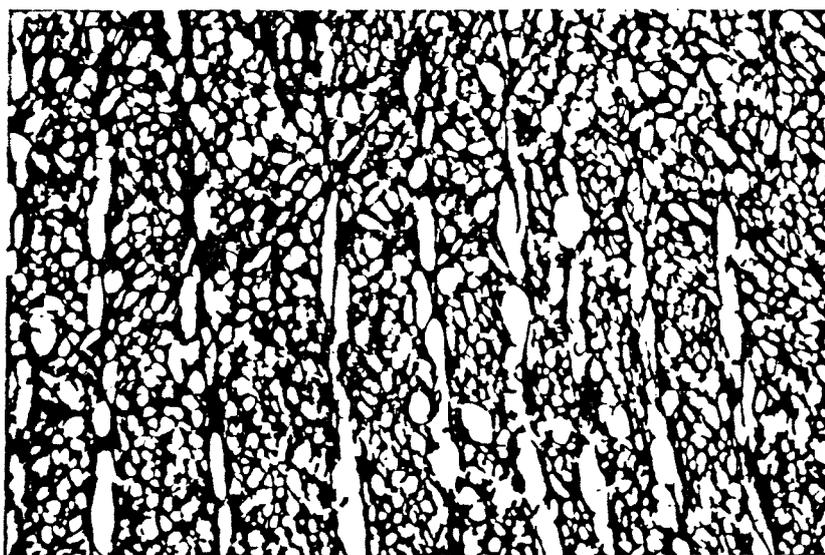
Coupe transversale



Coupe longitudinale



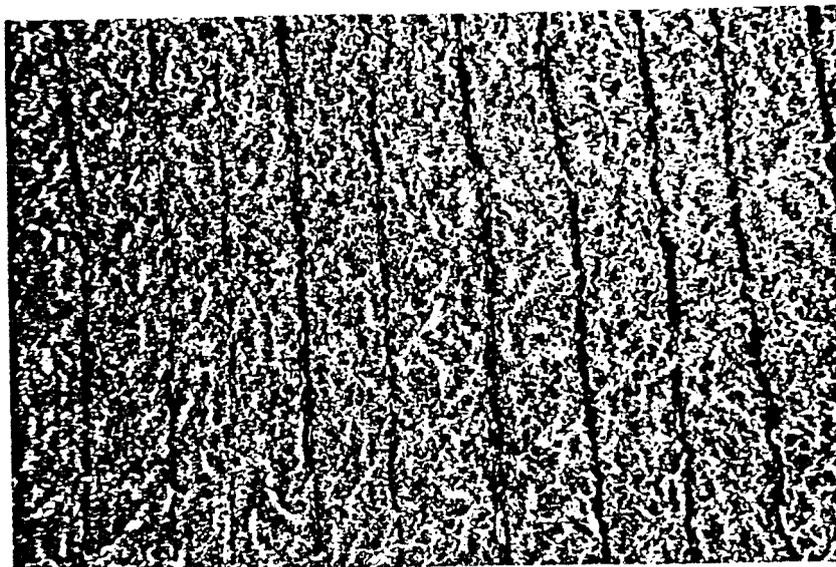
Coupe transversale



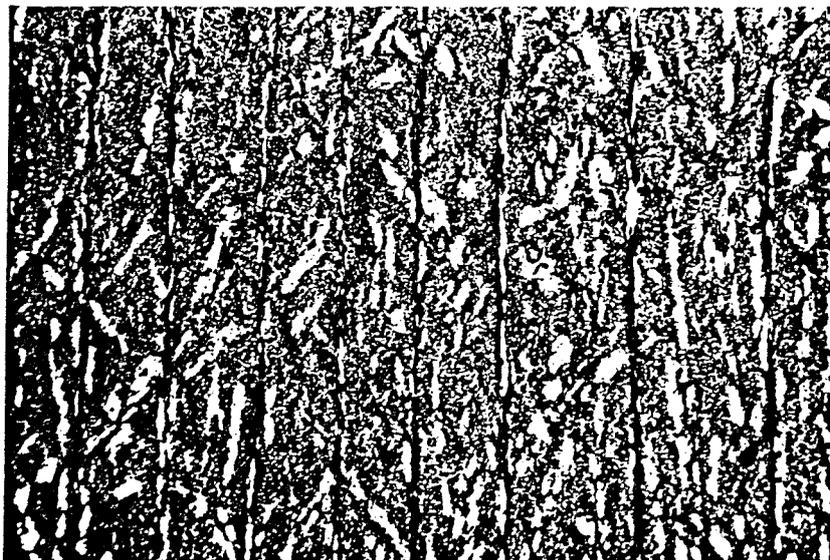
Coupe longitudinale

Congelés par contact à -40°C
Décongelés dans l'air à $+20^{\circ}\text{C}$
Coupes longitudinales

Figure 11



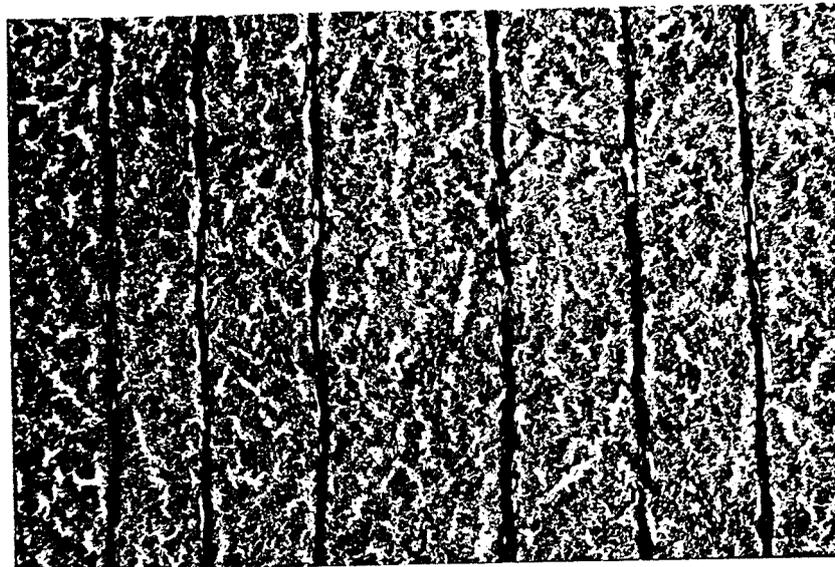
Surface



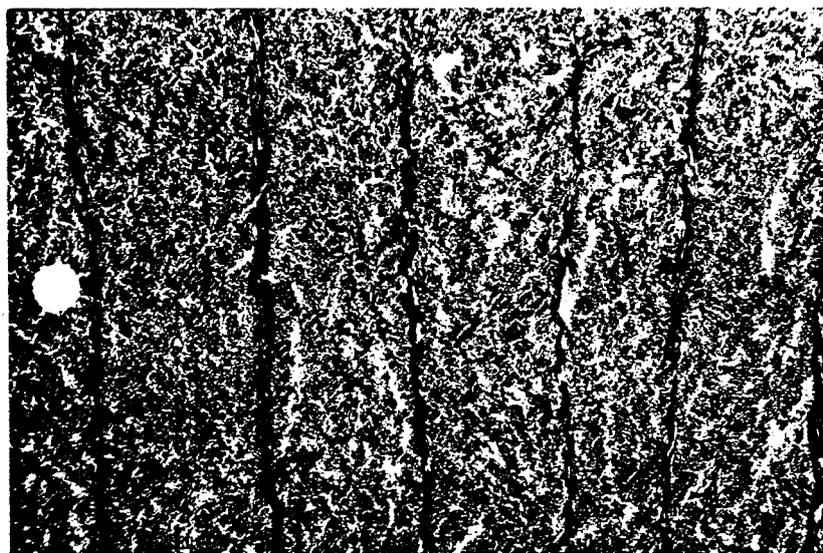
Profondeur

Congelés par contact à -40°C
Décongelés dans l'air à $+10^{\circ}\text{C}$
Coupes longitudinales

Figure 12



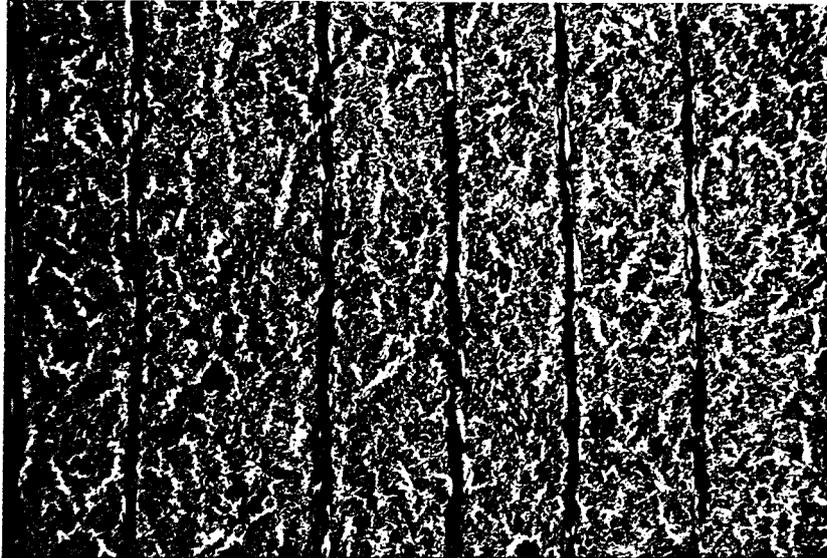
Surface



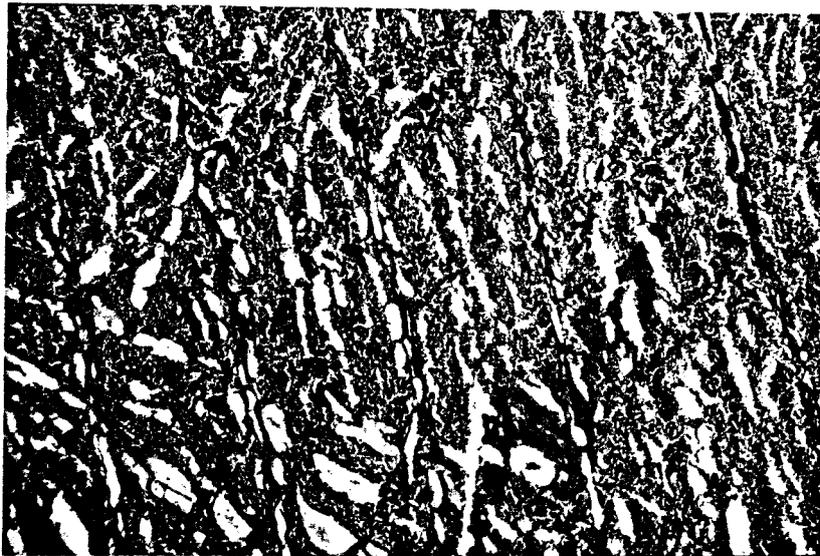
Profondeur

Congelés par contact à -40°C
Décongelés dans l'eau
Coupes longitudinales

Figure 13



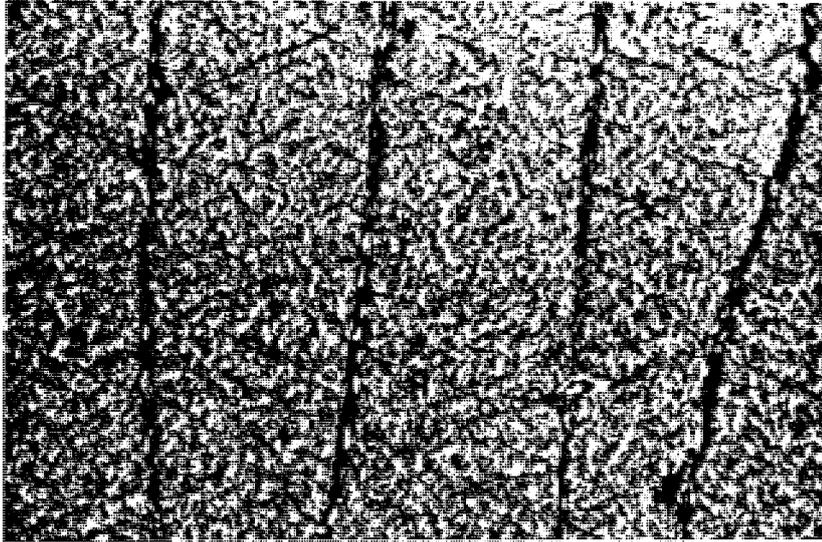
Surface



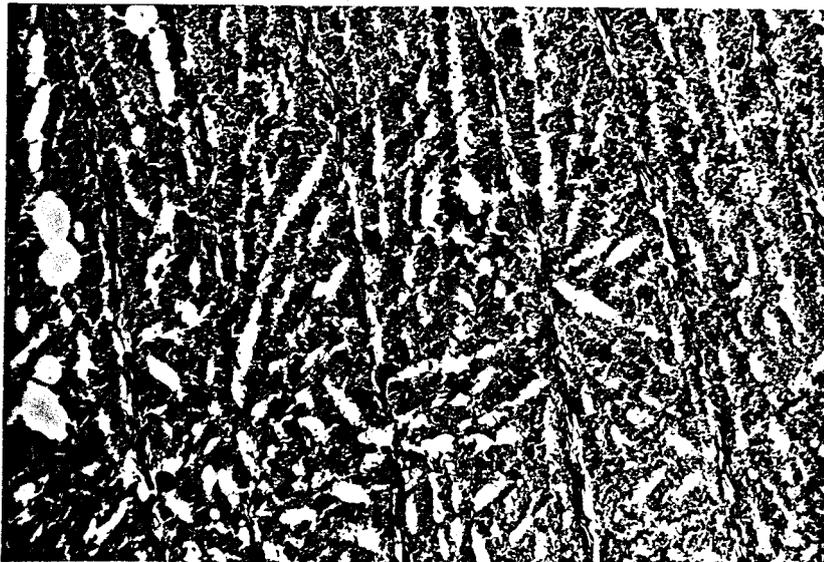
Profondeur

Congelés en tunnel à -35°C
Décongelés dans l'air à $+20^{\circ}\text{C}$
Coupes Longitudinales

Figure 14



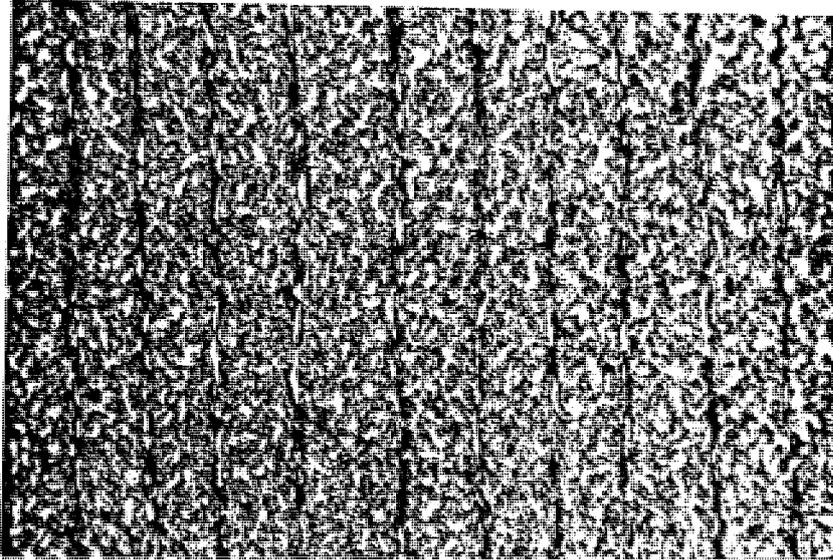
Surface



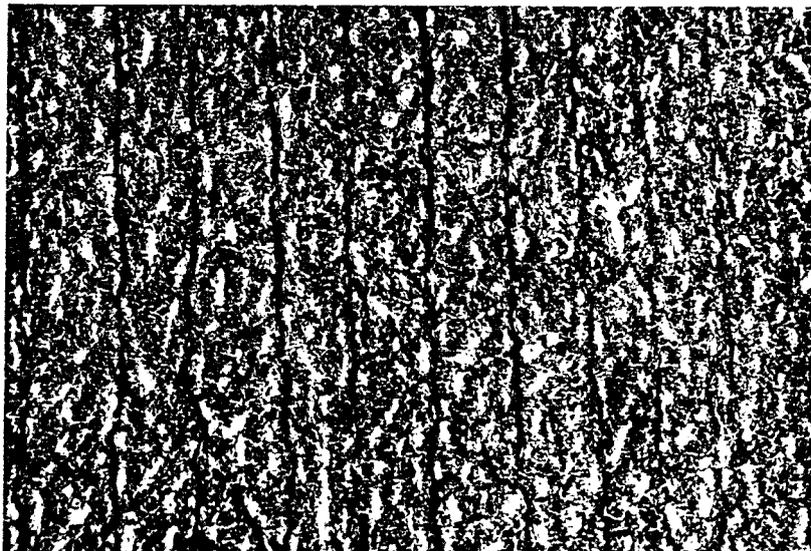
Profondeur

Congelés en tunnel à -35°C
Décongelés dans l'air à $+10^{\circ}\text{C}$
Coupes longitudinales

Figure 15



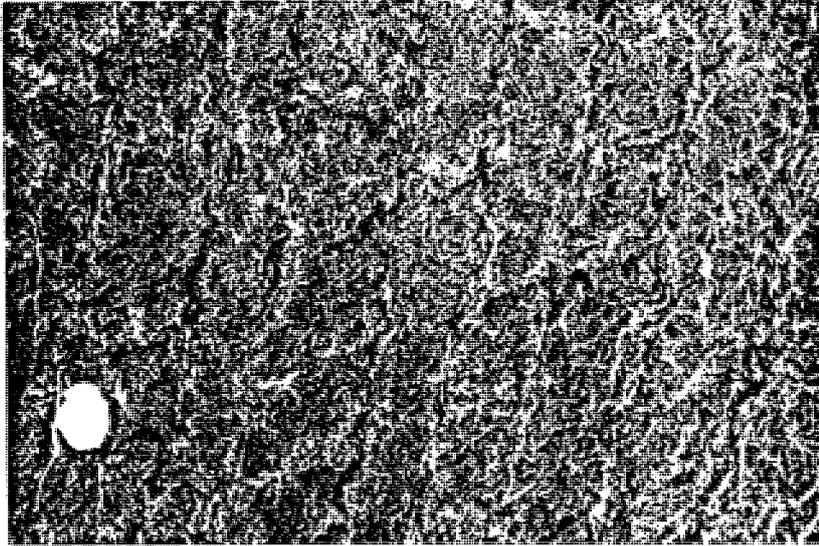
Surface



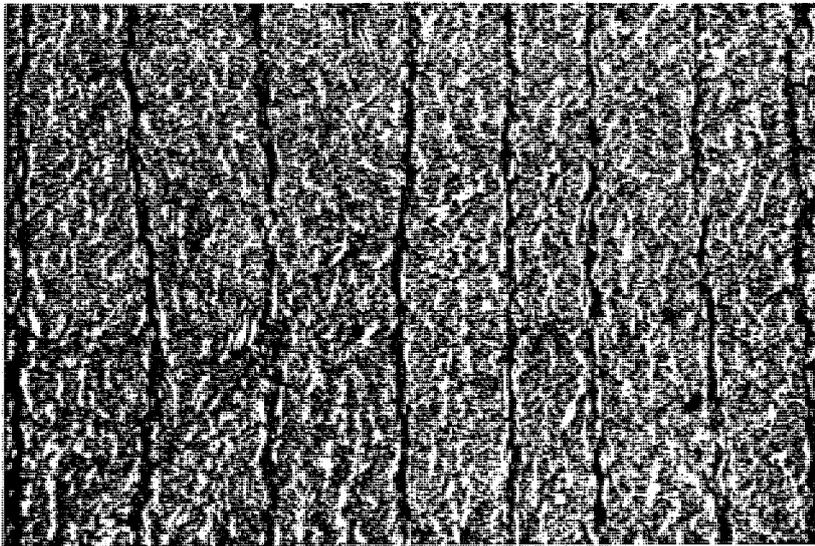
Profondeur

Congelés en tunnel à - 35°C
Décongelés dans l'eau
Coupes longitudinales

Figure 16



Surface



Profondeur

Congelés par contact à -40°C
Décongelés dans l'air à $+20^{\circ}\text{C}$
Coupes transversales

Figure 17



Surface



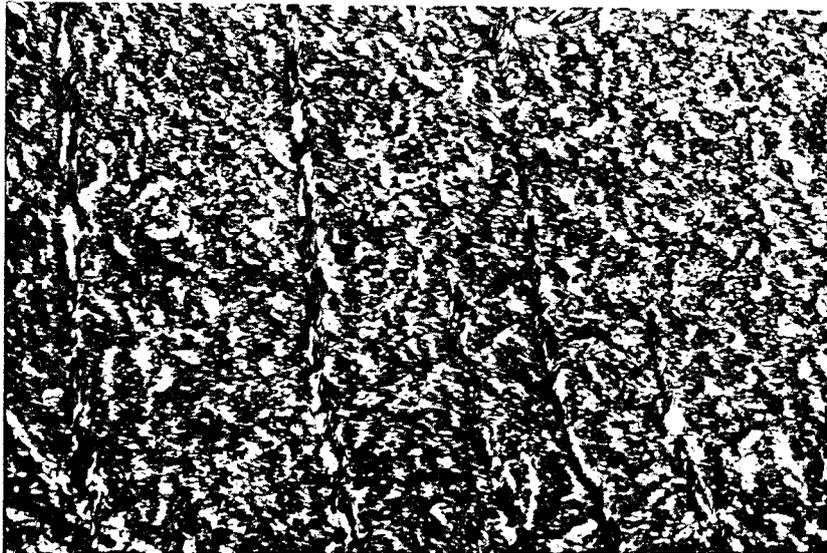
Profondeur

Congelés par contact à -40°C
Décongelés dans l'air à $+10^{\circ}\text{C}$
Coupes transversales

Figure 18



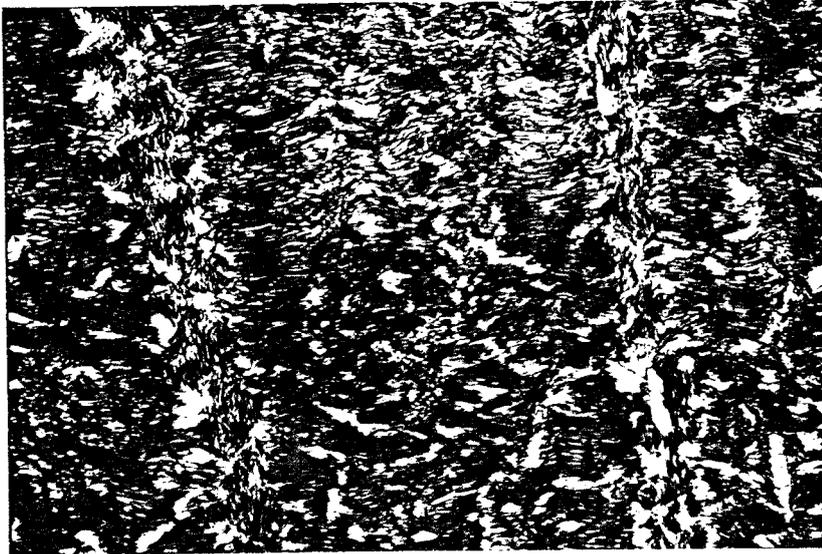
Surface



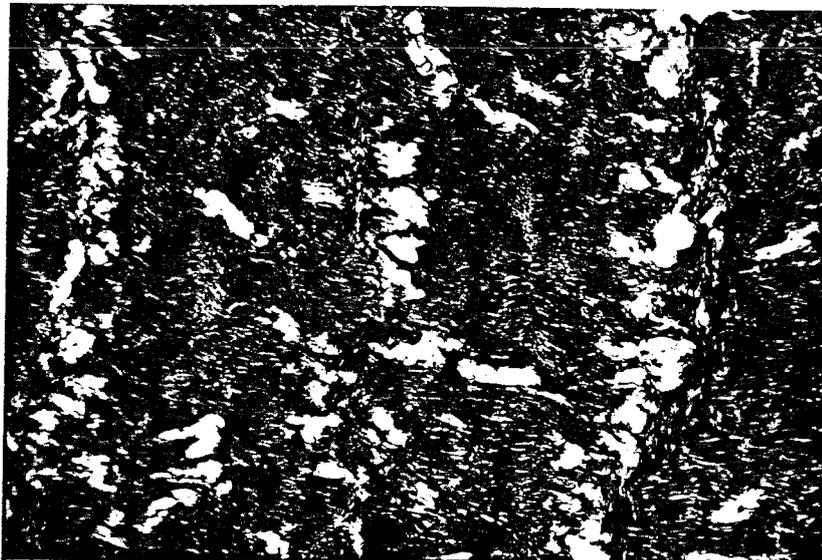
Profondeur

Congelés par contact à -40°C
Décongelés dans l'eau
Coupes transversales

Figure 19



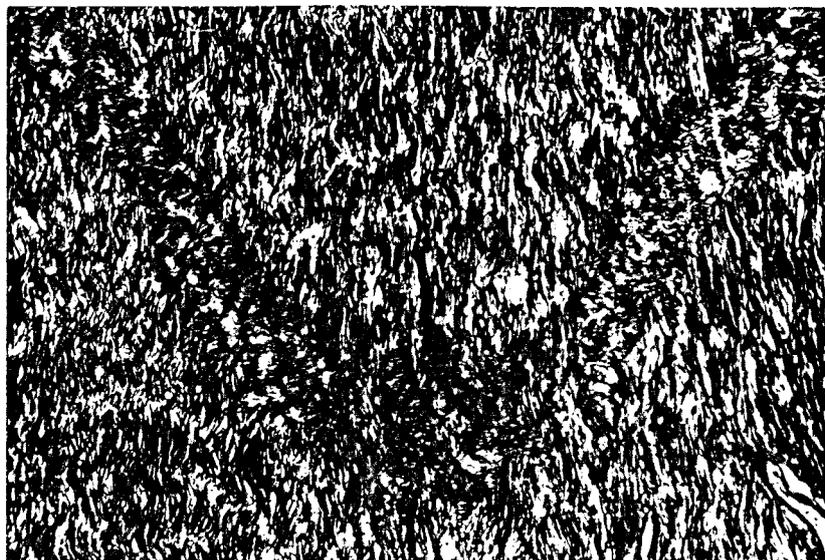
Surface



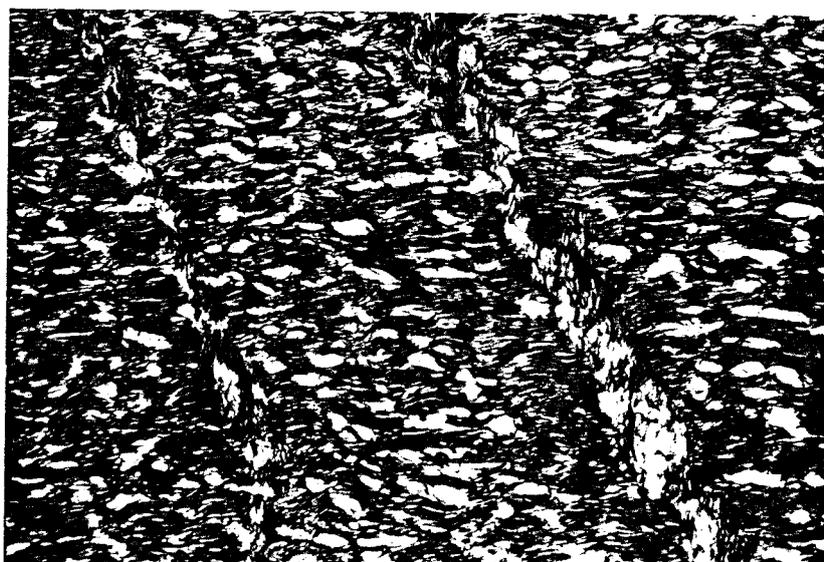
Profondeur

Congelés en tunnel à -35°C
Décongelés dans l'air à $+20^{\circ}\text{C}$
Coupes transversales

Figure 20



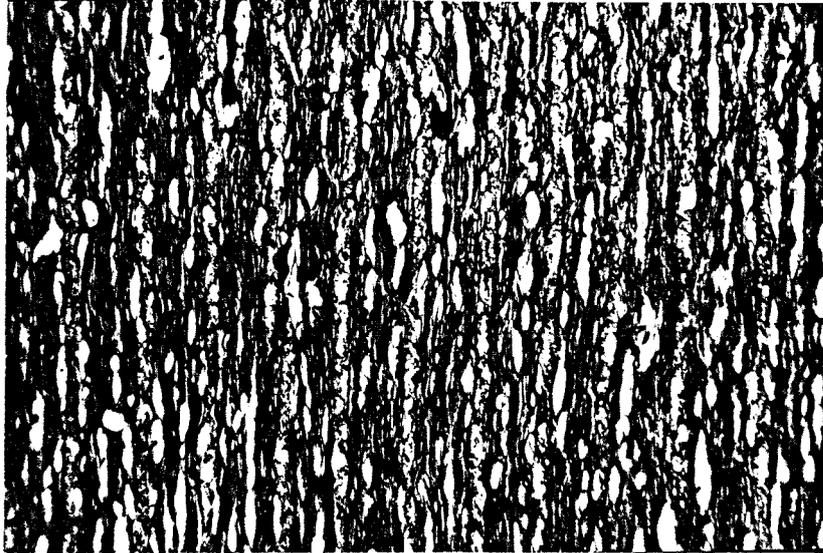
Surface



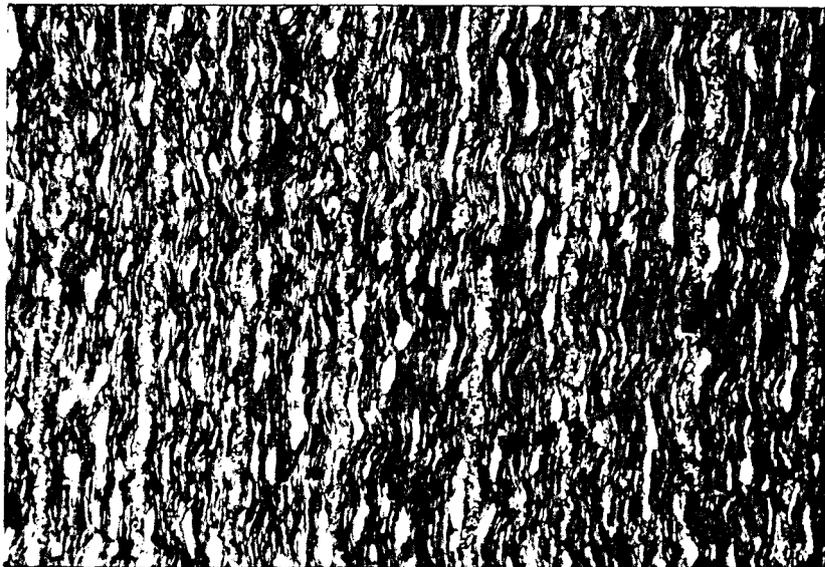
Profondeur

Congelés en tunnel à -35°C
Décongelés dans l'air à $+10^{\circ}\text{C}$
Coupes transversales

Figure 21



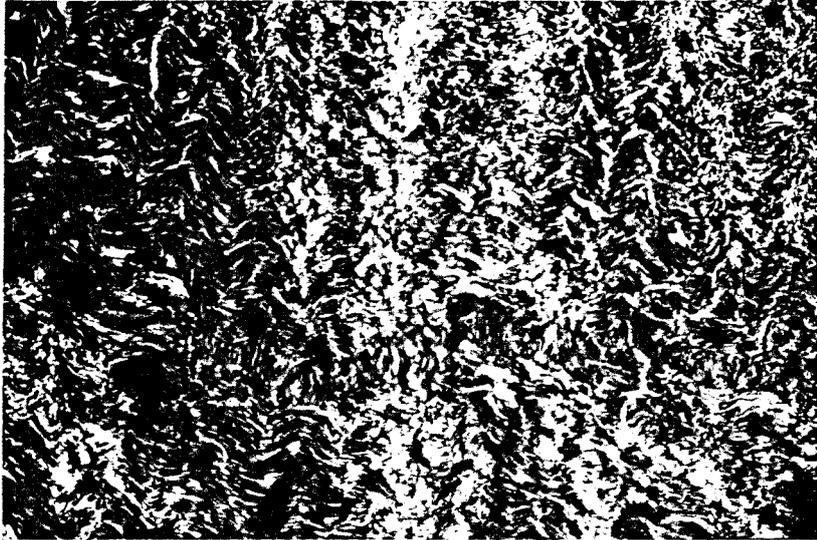
Surface



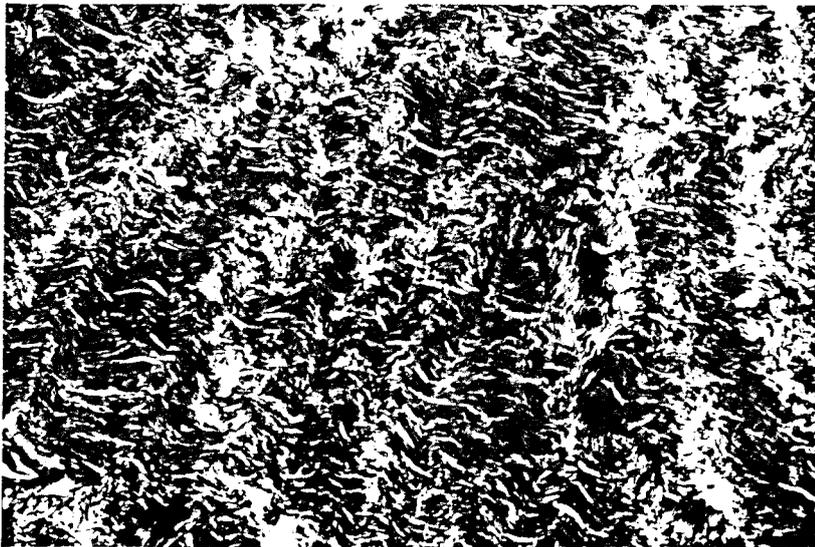
Profondeur

Congelés en tunnel à - 35°C
Décongelés dans l'eau
Coupes transversales

Figure 22



Surface



Profondeur