

C/8

XIX^e REUNION EUROPEENNE DES CHERCHEURS EN VIANDE
XIXth EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS

PARIS - 2, 7 Septembre 1973

INFLUENCE D'UN CYCLE CONGELATION-DECONGELATION A
DIFFERENTS STADES DE MATURATION SUR LA TENDRETE DE LA VIANDE DE BOVIN
MESUREE PAR CISAILLEMENT

J. KOPP

Station de Recherches sur la Viande
I.N.R.A. - THEIX
63110 BEAUMONT

RESUME

L'influence d'un cycle de congélation rapide à $- 20^{\circ}\text{C}$ suivie d'une décongélation à $+ 10^{\circ}\text{C}$ sur les propriétés mécaniques de la viande bovine fraîche a été étudiée en fonction du stade de maturation des échantillons. Le but de l'étude est de préciser les conséquences de ce traitement, qui peut être utilisé couramment en laboratoire pour conserver des échantillons de viande fraîche, sur les propriétés finales du produit.

Les principales études portant sur ce sujet ont été faites sur des échantillons cuits après le traitement. Lorsque l'on étudie la viande sans faire intervenir de cuisson on constate :

- pendant les 2 premiers jours suivant l'abattage (viande en *pre rigor* ou en *rigor*) les échantillons traités présentent un travail et une force de cisaillement significativement plus faibles que les échantillons témoins. En même temps ^{Que} le pH de la viande est abaissé, on note peu de perte d'eau à la décongélation.

- au-delà du stade de *rigor* les effets du traitement sont inversés en ce qui concerne les paramètres physiques du cisaillement.

L'importance de ces altérations est en relation avec la nature du muscle considéré, en particulier sa teneur en tissu conjonctif, et l'âge de l'animal.

Les causes de variation de ces propriétés mécaniques sont discutées sur la base des phénomènes de cristallisation, de raccourcissement à la décongélation et du degré de liaison entre les phases myofibrillaire et conjonctive.

SUMMARY

The aim of this work was to study of a single and short ^{the effect} freezing ($- 20^{\circ}\text{C}$) and thawing ($+ 10^{\circ}\text{C}$) cycle on the mechanical properties of beef muscles, without final cooking, in relation with delay before freezing (3h until 7 days post mortem).

Mechanical measurements were carried out with SALE. Shearforce apparatus and two parameters were measured : shearing-force (F) and shearing work (W) requirements.

The main results of our experiments are :

- During the first two days post mortem (before or near completion of Rigor mortis) shear force and shear work requirements of treated samples were significantly lower than those of corresponding samples stored at $+ 4^{\circ}\text{C}$.

- After completion of Rigor mortis (i.e. during ripening of the meat) the effects of the same treatment were reversed with regard to mechanical parameters of shearing-assessments.

The magnitude of this effect, in case of short delay before freezing, seems also to be related to the muscle-type, in particular to the amount of connective tissue present in the sample and to the age of the animal.

The effects of the treatment are discussed with regard to crystallization, thaw shortening and the relationship between myofibrillar and connective tissues.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wurde der Einfluss des Gefrieren (bei $- 20^{\circ}\text{C}$) und Auftauen (bei $+ 10^{\circ}\text{C}$) von rohem Rindfleisch auf die mechanischen Eigenschaften der Fleischproben, in Beziehung zur Reifungsdauer vor dem Gefrieren, geprüft.

Die merkwürdigste Punkte sind die folgende :

- Während zwei Tage nach der Schlachtung (Einstellung der Rigor mortis) zeigen die behandelten Proben **bedeutend** schwächere Scherkraft und Scherarbeit im Vergleich mit den bei $+ 4^{\circ}\text{C}$ aufbewahrten Proben. Gleichzeitig fällt der pH-Wert bis nah seines normalen Endwertes ab.

- Während der eigentlichen Reifung des Fleisches (vom dritten Tag nach Schlachtung ab) wirkt die Behandlung umgekehrt was die mechanischen Parameter der Probeabscherung betrifft.

Die Wichtigkeit dieser Veränderungen scheint auch von anderen Faktoren beeinflusst zu sein, insbesondere die Muskelart (z.B. die Menge an Bindegewebe) und das Alter der Tiere. Die Ursachen der mechanischen Eigenschaftenveränderungen am rohen Fleisch werden diskutiert im Zusammenhang mit dem Kristallisierenverfahren, der Verkürzung beim Auftauen und der Enge der Verbindungen zwischen Muskel-und Binde-gewebe.

INTRODUCTION

Dans une étude sur la conservation de longue durée de viande bovine (VALIN et al., 1971) nous avons procédé à la congélation des échantillons à -20°C au stade 24 h *post mortem*. Les résultats concernant les propriétés physico-chimiques des protéines de structure de la viande, en particulier pour des temps de conservation courts à -20°C , nous ont amenés à penser que la seule opération de congélation-décongélation, indépendamment du temps de conservation, entraînait des modifications des propriétés mécaniques de la viande.

Le but de cette étude a été de préciser ces modifications essentiellement sur le plan de l'évaluation objective de la tendreté de la viande effectuée sur les échantillons non cuits en procédant par cisaillement. Nous avons étendu cette méthode à une durée de maturation de la viande de 7 jours à $+4^{\circ}\text{C}$ en faisant intervenir le cycle congélation-décongélation à 6 stades *post mortem* compris entre 3 heures et 7 jours.

MATERIEL ET METHODES

Trois types d'animaux ont été utilisés dans cette étude : 6 taurillons croisés de 20 à 24 mois, 7 génisses croisées de 15 à 24 mois et 2 vaches (race FFPN et Limousine) de 5 ans.

Les muscles ont été prélevés dans l'heure qui suit l'abattage et placés dans des sachets en polyéthylène à $+4^{\circ}\text{C}$ après échantillonnage du muscle en morceaux de 50-70 g de forme parallélépipédique, la plus grande dimension correspondant au sens des fibres. La maturation a été effectuée à $+4^{\circ}\text{C}$ dans les sachets non clos. Les échantillons ont été appariés de telle sorte qu'à chaque stade de maturation les échantillons témoins et congelés-décongelés soient anatomiquement voisins.

Réalisation du cycle congélation-décongélation

La congélation a été effectuée dans un cryostat Haake KT72 à -20°C , les échantillons à congeler sont placés dans des sachets en polyéthylène non scellés. Le temps nécessaire pour atteindre une congélation uniforme à -20°C était compris entre 20 à 25 mn.

- La décongélation immédiate a été réalisée en immergeant les sachets dans de l'eau courante à + 10°C, le temps moyen nécessaire à la décongélation était de 2 heures.

Le cycle thermique utilisé était donc le suivant :

congélation à - 20°C pendant 30 mn puis décongélation à + 10°C pendant 2 heures.

Les mesures effectuées

- Les mesures de tendreté sur viande fraîche :

des parallélépipèdes d'environ 1 cm² de section sont découpés dans les échantillons, 15 à 20 mesures de force de cisaillement sont effectuées à l'aide de l'appareil développé par P. SALÉ (1971). La force et le travail de cisaillement sont mesurés et ramenés à une section de 1 cm² et les diagrammes de cisaillement sont enregistrés au moyen d'un enregistreur XY. Les mesures sont faites lorsque la température des échantillons s'est équilibrée à 22 ± 2°C (température ambiante).

- Le pH de la viande a été mesuré au pHmètre 29 RADIOMETER soit après une simple incision perpendiculaire au sens des fibres soit après broyage des échantillons au Robot Coupe (2 fois 15 s.)

- Les pertes à la décongélation ont été évaluées par pesée des échantillons avant congélation et après décongélation à température ambiante.

RESULTATS

1. Stade *post mortem* de congélation et tendreté.

Les échantillons de muscle *Pectoralis profundus* (partie médiane la plus homogène) ont été congelés à 5 stades *post mortem* : 3h, 24h, 2 j, 3j, 4j, et 7 jours.

Les résultats moyens obtenus pour le cisaillement sont regroupés dans le tableau 1 pour les 3 séries d'animaux étudiés.

Pour les taurillons de 20-24 mois il apparaît qu'au stade 3h *post mortem*, la force et le travail de cisaillement sont fortement diminués sur les échantillons décongelés (différences significatives au seuil $P < 0,01$). Au stade 24h des différences sont significatives au seuil $P < 0,05$ pour le travail W et non significatives pour la force F.

Au-delà du stade 24 h peu de différences sont significatives. Nous remarquons que la maturation est très rapide puisque W et F ainsi que le rapport W/F sont stabilisés à leur valeur ultime dès le 2ème jour de maturation.

Pour les génisses âgées de 2 ans nous notons que la maturation se prolonge jusqu'à 4 jours *post mortem* puisque W/F diminue entre 24 h et 4 j, les différences observées entre 4j et 7j ne sont plus significatives. Au stade 3h *post mortem*, la congélation-décongélation entraîne une diminution moyenne de 40 % du travail et de 30 à 45 % de la force de cisaillement (significatif au seuil $P < 0,001$). A 24 h *post mortem* les différences pour le travail W seules restent significatives. Pour 4 et 7 j de maturation les échantillons congelés sont plus résistants au cisaillement surtout pour W (différence moyenne 35 %, significative au seuil $P < 0,001$).

Le même cycle thermique appliqué au muscle *Pectoralis profundus* de vaches de 5ans a donné des résultats très semblables (tableau 1). Sur la figure 1 nous avons porté les résultats des échantillons témoins et traités pour les vaches.

Chaque échantillon est caractérisé par ses 3 coordonnées :

X : force de cisaillement (kg)

Y : travail de cisaillement (Kg x cm)

Z : stade *post mortem*.

Nous notons que les courbes témoin et traitée se rejoignent sensiblement entre 2 et 3 j *post mortem* tant pour le travail que pour la force de cisaillement.

A 3 h *post mortem* la différence entre témoins et traitées est la plus importante : diminution de 60 % du travail W et de 70 % de la force F, la différence reste significative jusqu'au stade 2 j *post mortem* puis le phénomène s'inverse de telle sorte que le travail de cisaillement dans l'échantillon congelé est plus élevé comparé au témoin à 4 j et 7 j.

Lorsque, pour les 10 animaux, on compare les mesures effectuées au stade 3 h *post mortem* sur les échantillons congelés puis décongelés à celles faites à 7 jours sur les échantillons témoins restés à + 4°C (tableau 1), on constate que le travail de cisaillement est voisin ou légèrement supérieur pour les échantillons traités mais que la force

de cisaillement est sensiblement plus faible pour ces échantillons traités à 3 h *post mortem*.

L'analyse des variations relatives des échantillons traités par rapport aux échantillons conservés à + 4°C pour chaque stade *post mortem* envisagé est résumée sur les figures 1a et 1b. On peut distinguer deux périodes *post mortem* : entre l'abattage et 2 j *post mortem*, c'est-à-dire pour la période d'installation de la *rigor mortis* les échantillons traités présentent des caractéristiques mécaniques de la dureté plus faibles que le témoin, au-delà du 2ème jour les phénomènes sont inversés et le traitement entraîne un "durcissement" des échantillons qui se traduit sur les mesures de W et F par une augmentation relative de 20 à 30 % des valeurs de ce paramètre.

2. Influence de la nature du muscle

Le même traitement thermique a été appliqué à 3 types d'échantillons de muscle de taurillons de 18 mois au stade 24 h *post mortem* :

- muscle *Rectus abdominis*
- muscle *Pectoralis profundus* : partie médiane (P.P.A)
- muscle *Pectoralis profundus* : partie scapulaire (P.P.B)
(plus riche en tissu conjonctif).

Les résultats sont portés dans le tableau 2 :

Muscle	Mesure	T	C D	Δ
<i>Rectus abdominis</i>	W	0,82	0,55	***
	F	2,21	1,70	*
<i>P. profundus A</i>	W	0,82	0,49	***
	F	3,30	3,28	
<i>P. profundus B</i>	W	0,99	0,48	***
	F	4,09	2,83	**

TENDRETE DE LA VIANDE FRAICHE ET CONGEELEE-DECONGEELEE MESUREE 24 h *POST MORTEM*, EN FONCTION DE LA NATURE DU MUSCLE.

Légende : T échantillons témoins
 CD échantillons congelés puis décongelés
 différences T-CD significatives aux seuils
 P<0,001 ***
 P<0,01 **
 P<0,05 *

W travail de cisaillement (kg x cm)
 F force de cisaillement (kg)

Bien que les différences soient moins importantes à 1 j *post mortem*, les 3 types d'échantillons sont jugés comme étant plus tendres après traitement et le travail est d'autant plus abaissé que le muscle est plus dur initialement. Les trois échantillons témoins se distinguent essentiellement par la valeur de la force de cisaillement, le traitement la diminue significativement pour le muscle le plus riche en tissu conjonctif à savoir le *Pectoralis profundus* B.

3. Evolution des diagrammes de cisaillement

Nous avons reproduit sur la figure 3 l'évolution des diagrammes de cisaillement en fonction du stade *post mortem* pour des échantillons de muscle *Pectoralis profundus* de génisse. Il s'agit de courbes expérimentales représentatives des 4 génisses étudiées. Le tableau 3 rapporte l'évolution des rapports $X = \frac{W}{F}$ pour les 3 types de muscles utilisés dans cette étude :

Stade Maturation	Taurillons (4)		Génisses (4)		Vaches (2)	
	T	CD	T	CD	T	CD
3 h	0,27	0,31	0,27	0,28	0,22	0,35
24 h	0,30	0,25	0,32	0,28	0,28	0,27
2 j	0,15	0,16	0,24	0,21	0,22	0,17
3 j	0,13	0,15	0,22	0,21	0,21	0,18
4 j	0,13	0,13	0,17	0,20	0,17	0,20
7 j	0,13	0,13	0,17	0,21	0,14	0,21

EVOLUTION DU RAPPORT W/F AU COURS DE LA MATURATION ET EN FONCTION DU TRAITEMENT (muscle *Pectoralis profundus*).

Légende : T échantillons témoins

CD échantillons congelés puis décongelés

Nous retrouvons ici l'évolution normale des courbes de cisaillement au cours d'une maturation à 4°C, à savoir réduction importante du travail et plus faible diminution de F d'où une décroissance continue du rapport W/F à partir de 24 h *post mortem*. Le traitement étudié diminue simultanément W et F lorsqu'il est appliqué dans les 2 premiers jours après l'abattage. Nous remarquons que pour les échantillons traités la chute du rapport W/F est très rapide entre 24 et 48 h *post mortem* mais qu'au-delà les variations ne sont plus significatives contrairement à ce qui se passe dans le cas de la maturation

normale à + 4°C.

4. Pertes à la décongélation

Dans le but de vérifier si les variations relatives d'humidité des échantillons pouvaient expliquer les différences observées après traitement dans les paramètres du cisaillement, nous avons mesuré les pertes à la décongélation : les résultats sont portés dans le tableau 4.

Le traitement entraîne une perte d'eau faible qui augmente entre 0 et 7 j pour le muscle de génisse mais dont les variations sont plus complexes dans le cas des vaches avec la perte la plus importante au stade 3h *post mortem*.

TABLEAU 4 - PERTES MOYENNES A LA DECONGELATION EXPRIMEES EN % DU POIDS FRAIS (muscle *Pectoralis profundus*)

Stade de maturation	Génisses (4)	Vaches (2)
3 h	0,83	2,85
24 h	1,10	1,50
2 j	1,30	2,00
7 j	1,65	1,20

5. Evolution du pH de la viande

Le tableau 5 rapporte les mesures de pH effectuées à température ambiante sur les muscles *Pectoralis profundus* entiers de vaches et de génisses. Le traitement envisagé entraîne un abaissement significatif du pH à 3h *post mortem* pour les 2 classes d'âge considérées; au stade 24 h *post mortem* les différences restent significatives pour les animaux âgés seulement. 4 résultats montrent que l'opération congélation-décongélation *ante rigor* provoque des modifications biochimiques du milieu musculaire dans le sens d'une contraction avec consommation de l'énergie résiduelle qui entraîne la chute de pH.

Stade <i>post mortem</i>	Génisses (4)			Vaches (2)		
	T	CD	Δ*	T	CD	Δ*
3 h	6,43	5,50	**	6,75	5,85	**
24 h	5,50	5,45		5,65	5,55	*
2 j	5,42	5,41		5,43	5,42	
3 j	5,45	5,45		5,40	5,40	
7 j	5,50	5,54		5,43	5,43	

Légende : T = Echantillons témoins
 CD = Echant. congelés puis décongelés
 Δdifférence T-CD
 significative au seuil ** P<0,001
 * P<0,01

TABLEAU 5 - EVOLUTION DU pH DES MUSCLES *PECTORALIS PROFUNDUS* DE 2 GROUPES D'ANIMAUX (pH MOYENS SUR L'ENSEMBLE DES ANIMAUX)

DISCUSSION

Les principales études portant sur l'influence des traitements thermiques *post mortem* sur la tendreté ont été faites sur viande cuite après traitement (mesures objectives et tests de dégustation : (4) (1) (5) (3). Lorsque les échantillons sont libres de se contracter, la congélation-décongélation entraîne un important durcissement de la viande lorsque ce cycle est effectué avant l'installation complète de la *rigor mortis*. Dans le cas d'une congélation rapide la contraction semble se produire essentiellement à la décongélation (LACOURT, CHARPENTIER, 1971). Cependant les échantillons placés à + 4°C immédiatement après le prélèvement (3 h *post mortem*) sont susceptibles de subir un raccourcissement au froid lors du refroidissement à + 4°C.

Nous notons que les variations des propriétés mécaniques (force et travail de cisaillement) semblent liées :

- au type d'animal : la viande de taurillon présente des caractéristiques nettement plus hétérogènes que celle de génisse ou de vache (vitesse de maturation, pH initial en particulier). De ce fait l'effet de ce traitement thermique est très variable sur les différents taurillons étudiés et en moyenne les différences observées entre traitements ne sont significatives que pendant les 24 premières heures après l'abattage (variations individuelles très importantes). Les différences les plus importantes ont été obtenues pour les animaux les plus âgés présentant les pH initiaux les plus élevés, il leur correspondait également une perte en eau à la décongélation plus importante.

- au type de muscle : nous avons noté l'effet le plus intense du traitement pour l'échantillon le plus riche en tissu conjonctif. Une étude portant sur un nombre plus important de muscles devrait cependant être réalisée pour préciser plus avant l'influence de la quantité de tissu conjonctif sur les conséquences de ce traitement.

Le facteur de variation le plus important reste néanmoins le stade de maturation auquel on applique le cycle thermique. Lorsque ce traitement intervient dans la phase d'installation de la *rigor* il entraîne une diminution de la force et du travail de cisaillement,

une évolution caractéristique des diagrammes de cisaillement (diminution de la pente à l'origine analogue à celles observées par P. SALÉ (1971) et un abaissement du pH vers des valeurs voisines de celles d'une viande maturée. Par contre dans le cas d'une maturation normale l'évolution de la force de cisaillement est moins marquée traduisant la relative stabilité du tissu conjonctif à l'égard du processus de maturation, or le traitement étudié entraîne une forte diminution de la force maximale de cisaillement. Si la variation enregistrée dans le travail W reflète des modifications importantes du milieu myofibrillaire, confirmées par les variations de pH, les différences obtenues pour la force maximum F ne semblent pouvoir s'expliquer que par des modifications se produisant au niveau du tissu conjonctif. Lorsque l'âge d'un muscle croît le tissu conjonctif et en particulier le collagène, évolue dans le sens d'une plus grande stabilité physicochimique et une plus grande résistance mécanique : cela se traduit par un accroissement de la force maximale de cisaillement, nous constatons que plus cette force maximale initiale est élevée pour un échantillon donné plus l'effet dégressif du traitement est intense. Cela semble donc confirmer l'effet du traitement au niveau de la structure conjonctive du muscle.

Lorsque la congélation rapide est effectuée à l'état de pré *rigor* la cristallisation semble produire des petits cristaux intracellulaires provoquant des dégradations profondes dans la structure du muscle et des modifications dans le phénomène de contraction et de raccourcissement (LACOURT et CHARPENTIER, 1971) la liaison très étroite existant à ce stade entre milieux myofibrillaire et conjonctif permet de penser que, en particulier à la décongélation, les modifications actives du milieu myofibrillaire entraînent des dégradations de la structure conjonctive.

En fin de maturation, la structure de la viande étant plus lâche et les milieux myofibrillaire et conjonctif plus nettement séparés (P. SALÉ, 1971), la congélation rapide produit essentiellement de gros cristaux extracellulaires, les réserves énergétiques du muscle ayant disparu les phénomènes de contraction au froid sont sensiblement annulés (MARSH et THOMPSON, 1958). A ce stade le traitement entraîne moins de modifications myofibrillaires mais peut affecter le degré de liaison entre phase myofibrillaire et conjonctive ce qui pourrait

avoir pour effet d'accroître la force nécessaire pour le cisaillement du tissu conjonctif davantage séparé du contexte myofibrillaire. A ce phénomène peut s'ajouter l'effet de dessiccation de l'échantillon lors du cisaillement ; en effet l'observation montre que l'eau est moins liée après décongélation de viande maturée, elle s'écoule de l'échantillon lors de l'opération du cisaillement, (pendant la phase de compression) celui-ci se produit donc dans un milieu relativement plus sec opposant plus de résistance au tranchage. Cet effet est particulièrement net sur le tissu conjonctif où un dessèchement relatif faible entraîne une forte augmentation de la force maximale de cisaillement (essais effectués sur des tendons).

La relation entre le pH de la viande au moment de la congélation et les paramètres du cisaillement est analogue à celles observées par MARSH et THOMPSON (1958). En particulier lorsque l'abaissement du pH *post mortem* est rapide (cas des taurillons étudiés) le stade 24 h *post mortem* correspond à un pH bas, donc à de faibles contractions à la décongélation et à de faibles différences entre échantillons témoins et traités. Lorsque la chute de pH est plus lente (cas des vaches) le pH 24 h est encore relativement élevé et le traitement entraîne des modifications significatives du milieu myofibrillaire et des paramètres du cisaillement.

Les faibles pertes enregistrées à la décongélation, conformes au résultat de MARSH et THOMPSON (1958), sont dues à la décongélation relativement lente à basse température (8-10°C), la taille de nos échantillons étant plus importante que ceux utilisés par ces auteurs, la perte est comparativement moindre.

En conclusion nous dirons que pour les études portant sur les propriétés mécaniques (déterminées par cisaillement) des muscles il convient de ne pas négliger les effets complexes du traitement congélation-décongélation qui se manifestent tant avant l'installation de la *rigor mortis* qu'au cours de la maturation proprement dite. Un tel traitement est en effet couramment appliqué à des échantillons en laboratoire pour assurer leur conservation et pour échelonner la réalisation pratique d'une expérimentation. Si les effets d'un tel traitement ont été intensément étudiés sur la viande avant l'installation de la *rigor mortis*; dans le cas de la viande maturée, ces effets existent également, bien que moins intense, et pour les évaluations objectives de la tendreté (par cisaillement) il faut en tenir compte.

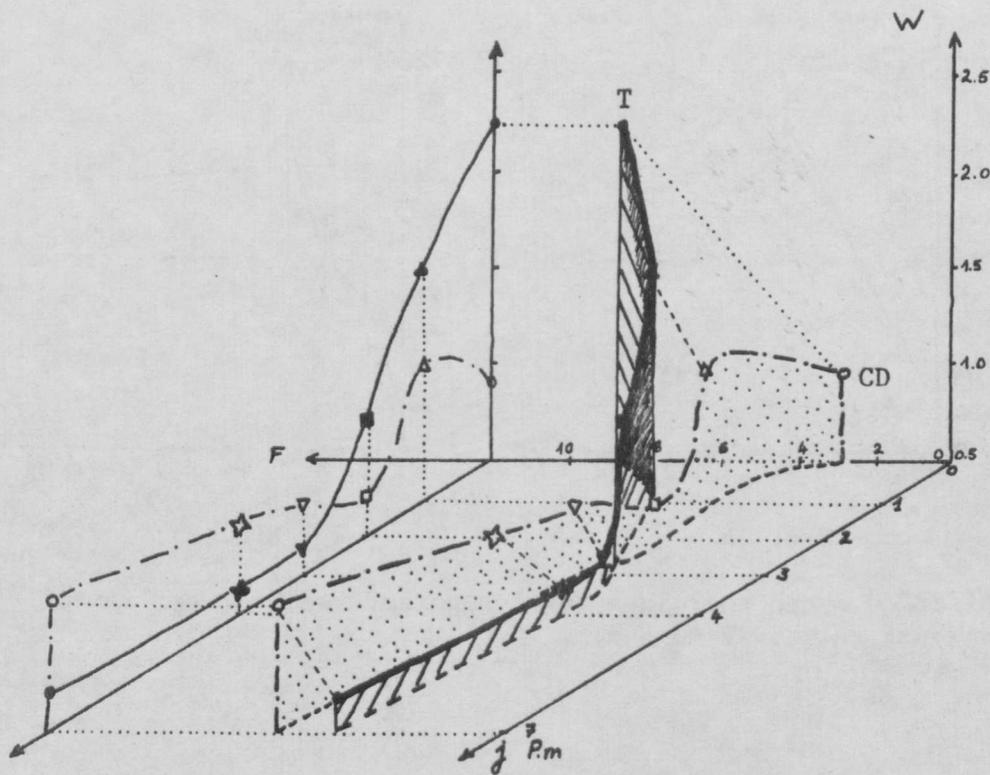
TABLEAU 1 - TENDRETE DU MUSCLE *PECTORALIS PROFUNDUS* AU COURS DE LA MATURATION. VALEURS MOYENNES POUR LES 3 TYPES D'ANIMAUX

Stade p.m.	Nature Echant.	4 Taurillons (20-24 mois)		4 génisses (20 mois)		2 vaches (5 ans)	
		W	F	W	F	W	F
0	T	1,16	4,10	1,72	6,34	2,25	8,83
	CD	0,73**	2,42**	1,02**	3,89**	0,94**	2,68**
1	T	1,15	4,09	1,49	4,69	1,73	6,20
	CD	0,96*	4,11	1,23*	4,37	1,25**	4,65*
2	T	0,63	4,58	0,99	4,26	0,97	5,29
	CD	0,63	4,08	1,09	5,13	0,67*	3,97**
3	T	0,57	4,43	0,92	4,32	0,58	3,71
	CD	0,73	4,69	0,97	4,72	0,85*	4,65*
4	T	0,61	4,67	0,70	4,23	0,63	3,35
	CD	0,69	5,15	0,91*	4,67	0,92**	4,80**
7	T	0,84	5,87	0,78	4,33	0,66	4,60
	CD	0,64	5,14	1,06**	5,01*	1,18**	6,00*

Légende T = échantillons témoins
 CD = échantillons congelés puis décongelés
 W = travail de cisaillement (kg.cm)
 F = force de cisaillement (kg)

Différence entre couples T et CD significatives aux seuils :

** P<0,001
 * P<0,01



T : témoins
 CD : congelés-décongelés

Fig 1 : Evolution des paramètres du cisaillement au cours de la maturation (Vaches 5 ans. *P. profundus*).

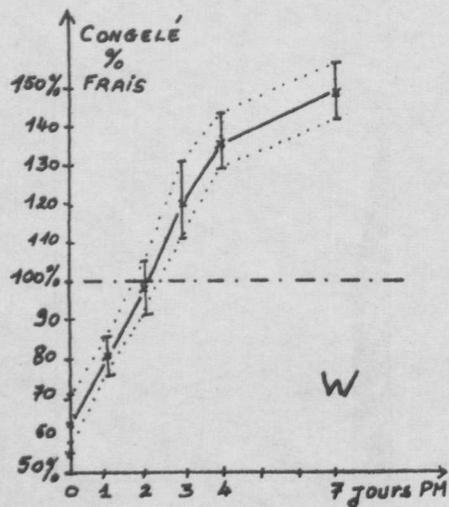


Fig. 2a

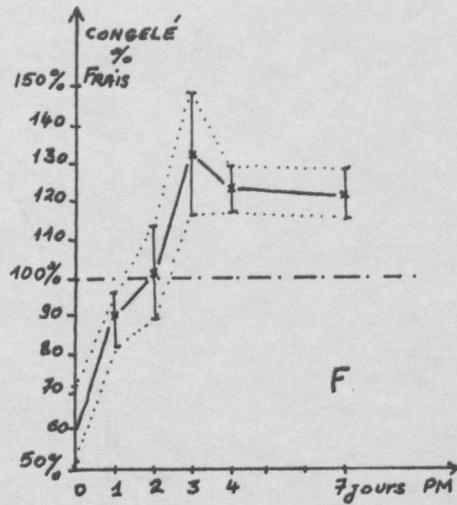


Fig. 2b

Effet du cycle thermique sur les paramètres du cisaillement : valeurs relatives moyennes.

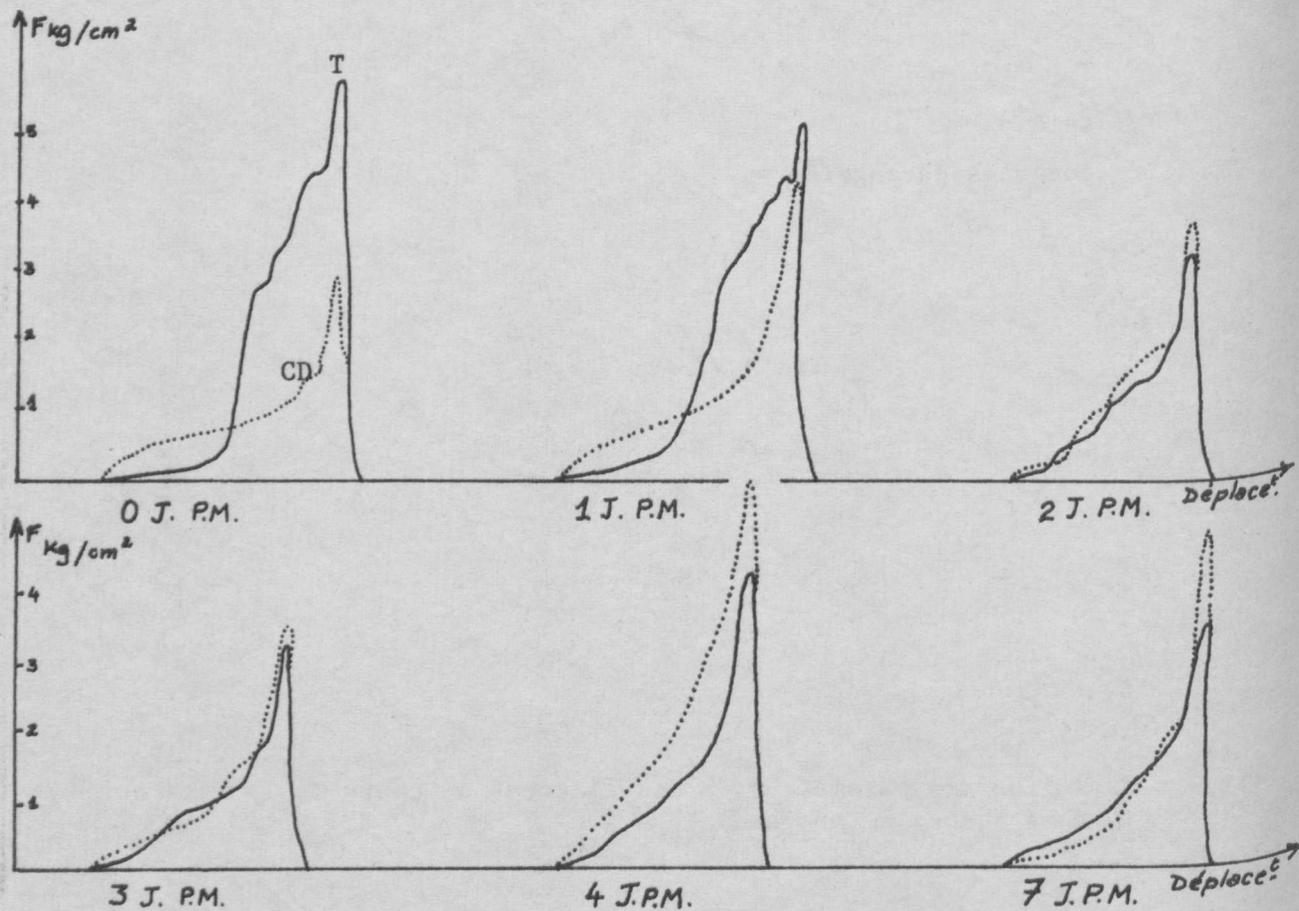


Fig. 3 : Evolution des diagrammes de cisaillement aux différents stades *post mortem*. (génisses 20 mois. *P. profundus*).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 HERRING H.K.; CASSENS R.G.; BRISKEY E.J., 1965
J. Sci. Fd. Agric. 16, 379-384
- 2 LACOURT A.; CHARPENTIER J.⁺, 1971
Revue Générale du Froid, 11, 1031-1037
- 3 Mc CRAE S.E.; SECCOMBE CH. G.; MARSH B.B.; CARSE W.A., 1971
J. Food Sci. 36, 566-570
- 4 MARSH B.B.; THOMPSON J.F., 1958
J. Sci. Fd Agric., 9, 417-424
- 5 MARSH B.B.; WOODHAMS P.R.; LEET N.G., 1968
J. Food Sci. 33, 12-18
- 6 SALE P., 1971
XVII^e EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS.
BRISTOL, 110-118.
- 7 VALIN C., GOUTEFONGEA R., KOPP J., 1971
Revue Générale du Froid, 10, 923-930.

Remerciements :

Nous tenons à remercier ici pour leur collaboration et pour leur aide dans la réalisation de ce travail Mme M. BONNET et M. P. LHOTE