



**HAL**  
open science

## LES VIANDES EXSUDATIVES. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

R. Goutefongea

► **To cite this version:**

R. Goutefongea. LES VIANDES EXSUDATIVES. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE. Annales de zootechnie, 1963, 12 (4), pp.297-357. <hal-00886804>

**HAL Id: hal-00886804**

**<https://hal.science/hal-00886804v1>**

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## LES VIANDES EXSUDATIVES

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

R. GOUTEFONGEA

*Laboratoire de Recherches sur la Viande,  
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)*

---

### SOMMAIRE

#### INTRODUCTION.

#### I. — RAPPEL DES CARACTÉRISTIQUES DU MUSCLE DIT « NORMAL » CHEZ LE PORC.

Consistance  
Rétention d'eau  
Coloration  
pH  
Histologie  
Qualités technologiques.

#### II. — CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTAT EXSUDATIF.

##### 1<sup>o</sup>) *Propriétés physiques et physico-chimiques.*

Consistance  
Rétention d'eau  
Techniques faisant appel à la centrifugation.  
Techniques faisant appel à la compression.  
Coloration.  
Appréciation à l'œil.  
Appréciation par détermination de la teneur en pigments.  
Appréciation par réflectométrie.  
pH.  
Rapports entre le pH, le pouvoir de rétention d'eau et la couleur des viandes.  
Température.  
Histologie.

##### 2<sup>o</sup>) *Composition chimique.*

##### 3<sup>o</sup>) *Conséquences technologiques.*

#### III. — PHÉNOMÈNES SE PRODUISANT DANS LE MUSCLE DANS LES 24 HEURES APRÈS LA MORT.

##### 1<sup>o</sup>) *Muscle normal.*

##### 2<sup>o</sup>) *Muscle exsudatif.*

## IV. — EXPLICATION DU PHÉNOMÈNE.

- 1°) *Observations expérimentales : pluralité des causes externes.*
- 2°) *Essai d'interprétation du mécanisme d'apparition :*  
Notion de choc, d'agression : concept de l'adaptation.  
Interprétations.

## V. — REMÈDES DANS L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES.

## CONCLUSION.

L'apparition du caractère exsudatif dans la viande de porc ne constitue pas une découverte récente, comme on pourrait le croire ; en effet, dès 1897, on signale dans la littérature des porcs à « chairs flasques, pâles, décolorées ». (BOURRIER, 1897).

Toutefois, cette affection, assez rare jusque-là, a connu depuis une dizaine d'années une importance croissante qui justifie un nombre important d'études en raison de ses conséquences économiques. Nous allons essayer de faire le point de nos connaissances à l'heure actuelle sur ce problème.

## I. — RAPPEL DES CARACTÉRISTIQUES DU MUSCLE DIT « NORMAL, » CHEZ LE PORC

Le muscle de porc considéré comme « normal » est celui que l'on rencontre encore à l'heure actuelle le plus fréquemment dans les carcasses et qui donne les meilleurs résultats, tant au point de vue conservation qu'au point de vue des qualités culinaires et technologiques. Ce muscle dit « normal » présente des caractéristiques assez précises dont certaines peuvent être chiffrées, caractéristiques que nous allons passer en revue en considérant que le muscle ainsi étudié appartient à un animal abattu depuis 24 à 36 heures.

1°) *Consistance*

Elle est ferme. Le muscle offre une certaine résistance à la pression du doigt ; s'il est séparé de la carcasse, il conserve une forme proche de sa forme initiale dénotant une forte cohésion entre les faisceaux. A l'échelle de la région musculaire, cela se traduit par une forte cohésion entre les muscles et par un maintien de la forme ; par exemple, un jambon formé de tels muscles posé à plat sur une table conserve sa forme propre (fig. 1).

2°) *Rétention d'eau*

Le pouvoir de rétention d'eau d'un muscle se caractérise par le pourcentage d'eau perdue ou gagnée dans certaines conditions, bien définies, d'extraction ou d'absorption. Bien entendu, la comparaison de plusieurs muscles n'est possible qu'avec la même méthode. Par exemple, en utilisant la méthode de WISMER-PEDERSEN (1959), le pouvoir de rétention d'eau d'une viande normale se traduit par une perte de poids inférieure à 420 mg/g de muscle frais.

3<sup>o</sup>) *Coloration*

Bien que le porc soit l'animal chez lequel on observe le plus de variations de couleur d'un muscle à l'autre, ces variations se maintiennent dans des limites assez étroites, du rose intense au rouge franc. De plus, un muscle donné a, en général, une couleur uniforme. Un tel muscle a une teneur en myoglobine supérieure à 1,2 mg/g de muscle frais.

4<sup>o</sup>) *pH*

Après l'abattage, le pH musculaire subit une chute qui est, dans ces muscles, assez lente ; la stabilisation de la valeur du pH à son niveau minimum se produit une douzaine d'heures après la mort, c'est-à-dire à un moment où la *rigor mortis* a pratiquement atteint sa plénitude.

La valeur du pH mesurée à l'issue de cette période de chute, ou pH ultime, est variable d'un muscle à l'autre, mais se maintient toujours entre les limites extrêmes de 5,7 à 6,3.

5<sup>o</sup>) *Histologie*

Une coupe transversale montre des faisceaux musculaires globuleux, turgescents et un sarcoplasme abondant. Une coupe longitudinale montre des faisceaux parallèles contenant des fibres également parallèles, avec une striation transversale régulière.

6<sup>o</sup>) *Qualités technologiques*

Dans le salage à sec, le muscle « prend bien le sel » et se dessèche assez rapidement ; l'absorption de sel se fait de façon régulière sur toute la surface.

Dans les salaisons en saumure, la solution salée pénètre bien dans le muscle et la dialyse entre le suc cellulaire et la solution salée s'effectue rapidement.

Dans ces deux procédés, la conservation est excellente.

## II. — CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTAT EXSUDATIF

L'état exsudatif, ainsi dénommé en raison de l'exsudation de liquide hors du muscle qui se produit, s'accompagne de certaines déviations des différentes caractéristiques du muscle.

I<sup>o</sup>) PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUESa) *Consistance*

Sur l'animal vivant (LUDVIGSEN, 1954) et aussitôt après l'abattage, il est difficile ou impossible de déceler le caractère exsudatif. D'après COSSARD (1957), un œil averti peut remarquer, au niveau de la fente entre les deux jambons, que les muscles *Gracilis* sont globuleux et pâles. Nous avons également observé que, très rapidement après la fente, l'examen de la surface de coupe des muscles *Gluteus medius* et *Gluteus superficialis* rend assez bien compte de l'aspect futur de la carcasse.

Entre 12 et 24 heures après l'abattage, les caractères deviennent évidents ; l'ensemble de la carcasse manque de rigidité, (la *rigor mortis* semble s'établir rapidement, mais elle est de courte durée et, de plus, peu perceptible). Toutefois, dans les cas très prononcés de myopathie exsudative et dépigmentaire, les caractères deviennent aisément décelables bien avant un tel laps de temps. Quelques heures sont suffisantes.

La carcasse est donc sans rigidité, les muscles, mous, se séparent les uns des autres (fig. 1). Ceci est particulièrement visible sur le jambon où ils se séparent de l'axe osseux. Le muscle *Longissimus dorsi* est très affaîssi. Les carcasses pendues subissent même des déformations par suite de ce manque de consistance ; le muscle *Gracilis* forme un véritable bourrelet.

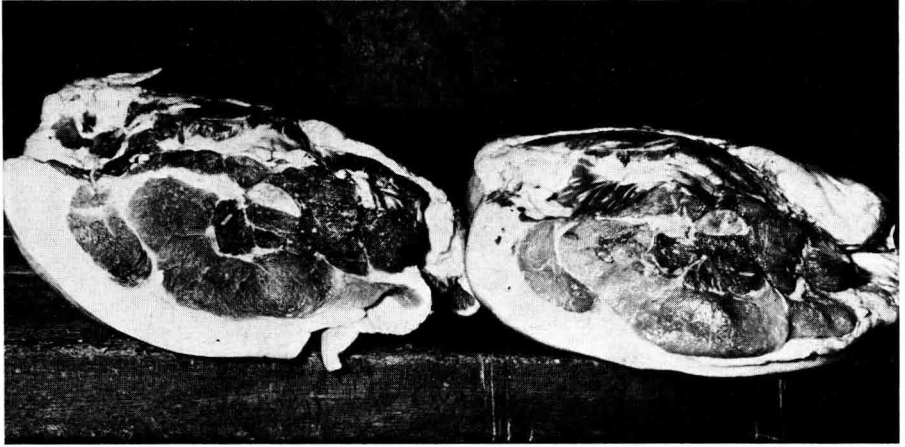


FIG. 1. — On remarque la pâleur, l'aspect mouillé et le manque de tenue des muscles du jambon de droite (exsudatif) par rapport à celui de gauche (normal)

Le tissu conjonctif est gorgé d'une sérosité claire ou légèrement rosée ; la surface des muscles est très humide et, par simple pression, on obtient un écoulement de liquide ; ce liquide s'écoule le long des carcasses et vient souiller les parties inférieures.

Tous les muscles peuvent ne pas être atteints au même degré. Dans les cas de dégénérescence musculaire totale cités par LUDVIGSEN (1954), tous sont atteints, mais il est des cas où seuls certains groupes musculaires sont touchés, en particulier les muscles *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus*, *Semimembranosus*, *Gracilis*. (LUDVIGSEN, 1954), (LAWRIE et al., 1958), (LAWRIE, 1960).

Il faut toutefois noter que ces muscles, qui sont cités comme les plus fréquemment atteints et les plus sensibles à la dégénérescence musculaire, sont aussi les plus fréquemment étudiés.

#### b) Rétention d'eau

On a montré que la teneur globale en eau des viandes exsudatives n'est pas supérieure à celle des viandes normales (HENRY, BILLON et HAOUZA, 1955), (MESLE et al., 1960). On ne peut donc pas attribuer l'écoulement de liquide à une teneur en eau

supérieure. L'origine de cette exsudation doit donc être recherchée dans un pouvoir de rétention d'eau plus faible de la part des viandes exsudatives.

Divers auteurs ont cherché, sinon à mesurer le pouvoir de rétention d'eau de la viande, du moins à en obtenir une représentation permettant de comparer des viandes de divers types.

Parmi les différentes méthodes possibles, seules sont utilisées dans la pratique celles qui sont assez rapides pour permettre l'utilisation en grande série. Toutes font appel à l'une ou l'autre des deux techniques suivantes : centrifugation et compression.

*Techniques faisant appel à la centrifugation.*

WIERBICKI, KUNKLE, DEATHERAGE (1957) utilisent un tube spécial de centrifugeuse dont la partie inférieure, d'un diamètre inférieur à celui de la partie supérieure, est graduée et séparée de celle-ci par un disque mobile en verre fritté. La viande est placée dans la partie supérieure du tube et, après une centrifugation de 10 minutes à 170 g, le jus exprimé se rassemble dans la partie inférieure et son volume est lu immédiatement.

SWIFT et BERMAN (1959) mélangent 15 g de viande broyée à 15 ml d'eau distillée. Ils laissent macérer 12 heures à 0°, ajoutent 8 ml d'eau distillée et centrifugent 20 minutes à 15 000 t/mn. Le liquide surnageant est enlevé et on fait la différence du poids initial et du poids final. On admet que la moyenne des différences de poids représente le pouvoir de rétention d'eau et on l'exprime en poids/15 g viande. Ce procédé entraîne une erreur due à la présence dans le liquide décanté de composés extraits de la viande.

SHERMAN (1961) utilise une méthode semblable ; 10 g de viande broyée sont mélangés à 10 ml d'eau distillée ; le mélange reste 18 h à 0° et la centrifugation à 3 000 t/min dure 20 mn. Le résultat est exprimé selon la relation :

$$\frac{\text{volume de liquide ajouté (ml)} - \text{volume de liquide non absorbé (ml)}}{\text{poids de la viande (g)}} \times 100$$

*Techniques faisant appel à la compression.*

Toutes ces techniques dérivent de la méthode de GRAU et HAMM (1952) qui consiste à presser l'échantillon de viande sur un papier-filtre, la pression étant obtenue avec une presse à vis commandée manuellement.

GRAU et HAMM (1953) utilisent cette méthode sur des échantillons de viande hachée en pressant pendant 5 mn sur une feuille de papier-filtre. Ils mesurent ensuite la surface de la tache de jus ainsi obtenue par planimétrie et en déduisent la quantité d'eau extraite. Ces mêmes auteurs (GRAU et HAMM, 1954) reprennent la même technique avec des échantillons non hachés et considèrent la surface de la viande après pression. La surface de la viande est d'autant plus grande que le pouvoir de rétention d'eau est élevé.

NINIVAARA et POHYA (1954) utilisent une pâte de viande hachée et mélangée à 40 p. 100 de son poids d'eau. 300 mg de cette pâte sont soumis à la presse pendant 5 mn. Ils mesurent alors planimétriquement la surface de la tache et celle de la pâte. La différence de ces surfaces est ramenée à 300 mg et ils considèrent cette différence

comme représentative du pouvoir de rétention d'eau de la viande (plus la différence est petite, plus le pouvoir de rétention est fort).

GRAU et HAMM (1956) précisent l'intérêt de leur méthode, ses possibilités et ses limites. Cette méthode est également utilisée par SCHÖN et STOSIEK (1958) et SCHÖN et SCHEPER (1960).

TABLEAU I  
*Caractéristiques des différentes méthodes utilisées pour la mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande*

Principe utilisé	Auteurs	Moyen d'obtention de la pression	Durée de pression (mn)	Poids de l'échantillon (mg)	Papier-filtre (nombre de feuilles)
Pression	GRAU et HAMM (1952).	Presse à vis commandée à la main	5	300	1
	NIINIVAARA et POHYA (1954)	Presse à vis commandée à la main	1 h et 24 h	300	1
	COSSARD (1957)	Filtre presse		250 g	
	SCHÖN et STOSIEK (1958)	Presse à vis commandée à la main	5	300	1
	WIERBICKI et DEATHERAGE (1958)	Presse hydraulique, commande manuelle	1	500	1
	WISMER-PEDERSEN (1958)	Presse à vis, commande manuelle	5	700	2
	BRISKEY et <i>al.</i> (1959)	Presse à vis avec système de repérage permettant l'obtention d'une pression constante	5	500	1
	BRISKEY et <i>al.</i> (1960)	Presse hydraulique, commande manuelle	1	500	1
	GOUTEFONGEA (1960)	Chute d'un piston d'une hauteur constante	5	500	2
URBIN, ZESSIN et WILSON (1952)	Pression hydraulique, commande électrique	1	500	1	
Principe utilisé	Auteurs	Mode de centrifugation	Vitesse en t/mn	Durée (mn)	
Centrifugation	WIERBICKI, KUNKLE, DEATHERAGE (1957)	Centrifugation d'un broyat sur verre fritté . . . . .	1000 (170 g)	10	
	SWIFT et BERMAN (1959)	Centrifugation d'un broyat additionné d'eau . . . . .	15 000	20	
	SHERMAN (1961)	Centrifugation d'un broyat additionné d'eau . . . . .	3 000	20	

WISMER-PEDERSEN (1959) pèse l'échantillon de viande avant et après l'opération de pressage (entre deux feuilles de papier-filtre) et exprime la différence en mg/g de viande initiale. Plus cette différence, qui correspond à l'eau perdue par la viande, est importante, plus le pouvoir de rétention d'eau est faible.

BRISKEY et *al.* (1959 *a*) utilisent aussi une presse à vis, mais avec un dispositif permettant de mesurer le moment du couple appliqué. Ils prennent également en considération la surface de la tache de jus.

Cette méthode présentant, à notre avis, l'inconvénient de nécessiter une intervention manuelle, source possible de variation des conditions de mesure, nous avons préféré utiliser, dans le même but, un appareil constitué d'un cylindre et d'un piston (GOUTEFONGEA, 1960). La pression est obtenue par le poids du piston, mais son mode d'établissement (chute du piston d'une hauteur constante) permet d'éliminer les influences non contrôlables dues à une opération manuelle. Nous avons pressé

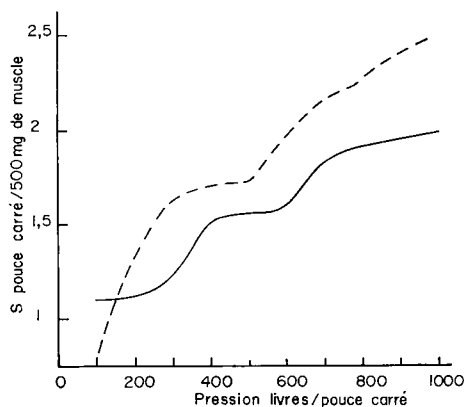


FIG. 2. — Quantité d'eau extraite d'un échantillon de viande en fonction de la pression utilisée. (D'après WIERBICKI et DEATHERAGE, 1958)  
 — Muscle semimembranosus de bœuf  
 - - - Muscle semimembranosus de porc

par cette méthode des échantillons de viande entre deux feuilles de papier-filtre et, en mesurant la quantité d'eau exprimée par pesée et par planimétrie des taches de jus, nous avons obtenu entre les deux séries de mesure un coefficient de corrélation de :

$$r = + 0,91 \pm 0,01 \text{ significatif à } P = 0,01.$$

WIERBICKI et DEATHERAGE (1958) utilisent une presse hydraulique et étudient l'influence de la pression sur la quantité d'eau extraite. Ils observent que la courbe de la quantité d'eau extraite en fonction de la pression présente des paliers (fig. 2). Ils en déduisent que la pression de travail optimum est de 500 p.s.i. et le temps de pression, 1 mn.

BRISKEY et al. (1960 a) utilisent également cette méthode, de même que URBIN, ZESSIN, WILSON (1962), mais ces derniers remplacent la commande manuelle de la presse hydraulique par une commande électrique.

COSSARD (1957) emploie une méthode différente qui a l'inconvénient de nécessiter des quantités assez importantes de muscle. 250 g de viande sont hachés puis pressés et on mesure la quantité de sérosité extraite. Les résultats obtenus par cette méthode en comparant un muscle normal et exsudatif sont les suivantes :

	Muscle normal	Muscle exsudatif
Sérosité recueillie en 1 h.....	18 cm <sup>3</sup>	72 cm <sup>3</sup>
Sérosité recueillie pendant les 24 h suivantes.	23 cm <sup>3</sup>	30 cm <sup>3</sup>
Total.....	41 cm <sup>3</sup>	102 cm <sup>3</sup>

Le tableau 1 donne, sous une forme schématique, les caractéristiques de chacune des méthodes utilisées.

Tous les résultats obtenus par ces diverses méthodes ne peuvent évidemment pas être comparés entre eux ; ils n'ont qu'une valeur relative et seule la comparaison des résultats obtenus par une même méthode avec des viandes de diverses qualités a une signification. WISMER-PEDERSEN (1959), par exemple, trouve que la rétention d'eau optimum correspond à une perte de poids de 461 mg/g au pressage. Il observe aussi, en comparant des résultats avec les notes de goût et de texture attribuées par un jury, que la viande est acceptable pour une perte de poids variant de 400 à 550 mg/g.

Nous avons comparé une méthode basée sur la centrifugation à une méthode basée sur la compression (GOUTEFONGEA, 1963). Les résultats ne nous permettent pas de trancher en faveur de l'une ou l'autre.

### c) Coloration

La coloration des viandes peut être appréciée de diverses façons.

#### *Appréciation à l'œil.*

— Cette appréciation peut se faire simplement en classant les muscles en catégories de couleur.

HENRY, BILLON, HAOUZA (1955) classent leurs carcasses en 3 catégories :

1. Viandes bien pigmentées,
2. Viandes rouge rosé,
3. Viandes blanc rosé.

LAWRIE et GATHERUM (1962) utilisent une échelle allant de 0 (blanc) à 6 (très rose).

Le muscle exsudatif apparaît essentiellement pâle, ce qui a d'ailleurs fait donner le nom de « porcs blancs » aux porcs atteints de myopathie exsudative. Cette absence de coloration, ou coloration très pâle, peut intéresser tous les groupes musculaires (cas de dégénérescence musculaire totale de LUDVIGSEN) ou seulement certains d'entre eux ; le muscle *Longissimus dorsi* est parmi les muscles les plus fréquemment cités. Par contre, les muscles se trouvant près d'un axe osseux (par exemple dans le jambon) conservent souvent une couleur normale. Ceci pourrait être à rapprocher de l'observation de CALLOW (1936) selon laquelle le pH des muscles est plus élevé au voisinage de l'os en raison d'un effet tampon possible de la part des substances minérales osseuses ; on pourrait donc voir là une influence du pH sur la couleur. Cependant, ces muscles voisins de l'axe osseux, de coloration plus foncée, contiennent nettement plus de pigment que les muscles pâles, ce qui explique, au moins en grande partie, la différence de couleur.

On peut trouver tous les degrés de décoloration, depuis le rouge assez vif jusqu'au rose très pâle presque blanc en passant par le blanc jaunâtre et même le grisâtre (COSSARD, 1957) (LUDVIGSEN, 1954).

La teinte peut également varier dans un même muscle, soit brusquement (cas des viandes bicolores), comme souvent dans le *semilendinosus* (MESLE et al., 1960) ou graduellement. Dans certains muscles, une coupe perpendiculaire aux fibres montre un dégradé allant du rouge au blanc (COSSARD, 1957).

WISMER-PEDERSEN (1959) utilise l'échelle de notation représentée tableau 2 où les couleurs sont classées en 7 groupes notés de 0,5 à 5.

— Le jugement de la couleur à l'œil peut aussi se faire par comparaison à une gamme d'étalons colorés (CLAUSEN et THOMSEN, 1959). Mais il est difficile de comparer la couleur d'échantillons de structure différente et de plus il est nécessaire d'avoir un éclairage standard et des couleurs-étalons stables.

TABLEAU 2

Classe	Note	Couleur correspondante
1	0,5	Grise — Couleur viande bouillie humide
2	1	Rose très pâle — humide
3	1,5	Rose pâle — un peu humide
4	2	Un peu plus pâle que désirée
5	2,5 à 3	Couleur désirée
6	3,5 à 4	Un peu plus sombre que désirée
7	4,5 à 5	Très sombre

Cette méthode peut être améliorée en comparant la couleur de la viande à la couleur composite donnée par la rotation rapide de secteurs de couleurs définies (HENRY, BRATZLER, 1960). On fait varier l'importance relative des différents secteurs jusqu'à l'obtention de la correspondance avec la couleur de la viande. La couleur se définit alors par les pourcentages de surface de chacun des secteurs colorés.

— Une autre méthode est celle utilisée par les Stations de testage anglaises (*Tintometer Lovibond*). On détermine par tâtonnements le filtre qui, superposé à un fond blanc translucide, donne à l'œil la même impression colorée que la viande, le filtre et la viande étant éclairés par la même source lumineuse.

#### *Appréciation de la couleur par détermination de la teneur en pigments.*

WISMER-PEDERSEN (1959) utilise la méthode de LAWRIE (1950) pour déterminer la teneur totale en pigments du muscle. Il en déduit que l'impression de couleur à l'œil dépend non seulement de la teneur en pigments, mais aussi de la structure de la viande ; cette structure étant en liaison avec le pouvoir de rétention d'eau de la viande et son pH. WISMER-PEDERSEN observe que les viandes ayant un bon pouvoir de rétention d'eau ont une couleur assez soutenue, même avec une teneur en pigments relativement faible ; par contre, les viandes ayant un faible pouvoir de rétention d'eau ont une couleur assez pâle avec une teneur en pigments normale, mais ont une couleur normale si la concentration en pigments est forte.

BATE-SMITH (1948) et HAMM (1953) estiment que la teneur en myoglobine du muscle pâle est normale, mais que la décoloration est une apparence due au pH acide de cette viande : une viande à bas pH semblerait plus claire en raison de la structure serrée (structure à l'échelle moléculaire, donc différente de la « structure » grossière, telle que l'on peut l'apprécier à l'œil et qui elle, par contre, semble plus lâche lorsque le pH est faible) provoquant une réflexion de la lumière sur les couches

superficielles du muscle, tandis qu'une viande à pH élevé, possédant une telle structure plus lâche, apparaîtrait plus foncée en raison de la pénétration en profondeur des rayons lumineux et de leur réflexion à travers une couche pigmentaire plus épaisse.

SCHAPIRA et DREYFUS (1952) estiment, par contre, que la décoloration des muscles myopathiques est due à une baisse du taux de myoglobine ; mais il s'agit-là de myopathie humaine.

TABLEAU 3

Comparaison du pH et de la teneur en pigment total P (myoglobine + hémoglobine) sur trois muscles de porc (d'après SCAIFFE 1955)

Muscle		Numéro des animaux									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Semiten- dinosus</i>	pH	6,73	6,56	5,61	5,80	6,61	5,84	6,29	6,42	6,35	6,01
	P	0,19	0,29	0,51	0,29	0,28	0,50	0,29	0,35	0,31	0,30
<i>Semimem- branosus</i>	pH	6,22	6,04	5,38	5,69	5,79	5,45	5,68	5,44	5,61	5,70
	P	0,19	0,19	0,36	0,23	0,21	0,42	0,27	0,20	0,21	0,20
<i>Rectus femoris</i>	pH	6,55	6,86	5,86	6,61	6,17	5,83	6,24	5,80	5,82	6,14
	P	0,33	0,39	0,50	0,30	0,30	0,53	0,31	0,31	0,36	0,30

TABLEAU 4

Teneurs en myoglobine de muscles de porc en fonction du muscle et de la qualité de la viande  
D'après BRISKEY et al. (1960 a).

Muscle	Classification qualitative	Myoglobine (mg/g extrait sec dégraissé)
<i>Serratus ventralis</i>	1	8,32
	2	8,69
	3	9,33
<i>Terres major</i>	1	6,45
	2	7,05
	3	6,60
<i>Pectoralis profundus</i>	1	2,94
	2	2,77
	3	2,56
<i>Longissimus dorsi</i>	1	2,20
	2	2,07
	3	2,25

SCAIFFE (1955) dose le pigment total (myoglobine + hémoglobine) et mesure le pH de 3 muscles : muscle *Semi tendinosus*, muscle *Semi membranousus* et muscle *Rectus femoris* 48 heures après l'abattage. Il observe que la teneur en pigment croît quand le pH s'élève (tabl. 3).

BRISKEY et al., (1960 a) ne trouvent pas de différences significatives entre les teneurs en myoglobine d'un même muscle pris dans des jambons de qualités différentes, mais observent de très nettes différences entre des muscles de couleur (observée à l'œil) différente (tabl. 4).

Nous avons observé que la teneur en myoglobine varie d'un muscle à l'autre à l'intérieur d'un même porc et même à l'intérieur d'un même muscle (de 0,56 mg/g de tissu frais à 1,26 mg/g pour 2 portions du *Semi membranousus*). Nous avons également noté que ces différences de teneur en myoglobine correspondent à des différences de couleur (appréciée à l'œil), (MESLE et al., 1960).

Il semble donc que l'impression colorée ressentie par l'œil soit la résultante de deux éléments : la teneur en pigments et la structure de l'échantillon, chacun de ces éléments ayant son importance.

#### *Appréciation de la couleur par réflectométrie.*

Cette dernière méthode a l'avantage de ne pas utiliser l'œil de l'observateur et elle est donc réellement objective ; de plus, elle rend compte de la couleur réelle, c'est-à-dire de la résultante de la teneur en myoglobine et de la structure.

Cette méthode, qui consiste en la mesure du pourcentage de lumière réfléchie par l'échantillon à diverses longueurs d'onde, a été utilisée en particulier par FEWSON et KIRSAMMER (1960), BRISKEY et WISMER-PEDERSEN (1961 a) et OTTO (1962).

La coloration pâle des muscles exsudatifs est donc due à deux causes : d'une part, à une teneur moindre en myoglobine et, d'autre part, à l'influence du pH sur la structure de la surface de la viande.

#### d) *Le pH*

Actuellement, le pH du muscle est toujours mesuré par insertion directe des électrodes (électrode de verre) dans le muscle et les méthodes de mesure sur broyat ou macérat de muscle ne sont pratiquement plus utilisées.

Le pH des viandes exsudatives est anormalement bas. On peut considérer que le pH des viandes de porc normales, à la fin de la *rigor mortis*, est compris entre 5,8 et 6,3 ; or, dans des muscles exsudatifs, ce pH est compris entre 5,2 et 5,7 et même parfois inférieur à 5,2. Il est cependant rarement inférieur à 5, ce qui différencie bien, avec d'autres caractères, les viandes exsudatives des viandes « fiévreuses » où le pH s'abaisse souvent à 4 et même moins (COSSARD, 1957, DRIEUX, 1944).

Divers auteurs ont donné des chiffres concernant le pH des viandes exsudatives :

HENRY, BILLON, HAOUZA (1955), comparant les pH de 34 jambons après *rigor mortis*, obtiennent des valeurs moyennes de 5,95 pour les jambons non exsudatifs et bien pigmentés contre 5,24 pour les jambons exsudatifs de couleur pâle. Mais les muscles sur lesquels le pH est pris ne sont pas précisés. LUDVIGSEN (1954) mesure le pH du muscle *Longissimus dorsi* de 3 porcs normaux et de 3 porcs atteints de

dégénérescence musculaire totale 40 minutes après l'abattage. Il obtient les valeurs suivantes :

- Porcs normaux : 6,4—6,3—6,4.
- Porcs atteints : 5,3—5,5—5,25.

LUDVIGSEN (1955 c) note des pH de 5,3 à 5,5 pour des viandes exsudatives 30 minutes après la mort contre 6,1 à 6,6 pour des viandes normales. LAWRIE et *al.*, (1958) obtiennent, en mesurant le pH après *rigor mortis*, une valeur moyenne de 5,1 avec des valeurs extrêmes de 4,78 et 5,5 chez des porcs exsudatifs. Il note aussi que les muscles les plus sensibles sont le muscle *Longissimus dorsi* et le muscle *Semimembranosus*. Mais il ne semble pas que d'autres muscles aient été étudiés.

On observe toujours chez le porc quelques variations de pH d'un muscle à l'autre (2 à 3 dixièmes d'unité), mais les variations sont bien plus importantes chez les porcs à muscles exsudatifs et, de plus, on y trouve, ce qui n'existe pas chez les porcs normaux, des différences de pH importantes à l'intérieur d'un même muscle.

LAWRIE et *al.* (1958) trouvent que dans le muscle *Semimembranosus* deux déterminations de pH « ultime » (pH après *rigor mortis*), faites à 1 cm l'une de l'autre, donnent des valeurs respectives de 4,94 et 5,56, cette différence de pH est accompagnée d'une nette différence de coloration (blanc et rose).

On observe aussi que, en général, le pH est un peu plus élevé au voisinage d'un axe osseux, en même temps que la couleur y est plus intense ; CALLOW (1936) pense que cette élévation de pH est due à l'action neutralisante des substances osseuses sur l'acide lactique du muscle, alors que BATE-SMITH (1948) estime que le principal facteur de variation du pH à l'intérieur du muscle est la teneur en tissu conjonctif.

Toutefois, la valeur du pH ultime ne suffit pas pour caractériser l'état exsudatif. En effet, on peut trouver des carcasses d'aspect très différent ayant des pH ultimes très voisins ; en fait, de nombreux auteurs ont observé que la vitesse de chute du pH après l'abattage était beaucoup plus caractéristique de l'état exsudatif que la valeur du pH ultime.

LAWRIE (1960) note que pour un même pH ultime, le caractère exsudatif est net pour l'échantillon dont la chute de pH est rapide, alors que l'échantillon à chute de pH lente est normal ; il observe également que dans des conditions identiques de température et d'anaérobiose, le temps mis par des muscles pour passer d'un pH de 6,7 à 5,5 peut varier du simple au triple, ce qui va de pair avec un degré d'exsudation d'autant plus élevé que la vitesse de chute du pH est rapide.

WISMER-PEDERSEN (1959) compare l'état des carcasses (en mesurant le pouvoir de rétention d'eau) 24 heures après l'abattage, c'est-à-dire à un moment où l'état exsudatif a pris toute son ampleur, au pH mesuré 45 minutes après l'abattage appelé pH<sub>I</sub>. Il constate que plus le pH<sub>I</sub> est faible, c'est-à-dire plus le pH a chuté rapidement, plus le caractère exsudatif est accentué.

WISMER-PEDERSEN et BRISKEY (1961 a) étudient la chute du pH *post-mortem* dans divers muscles par enregistrements à 4°C. Ils classent les courbes obtenues en 4 catégories (fig. 3) :

1. Chute graduelle et lente jusqu'à un pH ultime de 5,7—6,3.
2. Chute graduelle à environ pH 5,7 en 8 heures avec un pH ultime de 5,3 à 5,7.

- 3. Chute relativement rapide à environ pH 5,5 en 3 heures avec un pH ultime de 5,3—5,6.
- 4. Chute très rapide à pH 5,1—5,4 en 1 h 30 et ensuite remontée à 5,3—5,6.

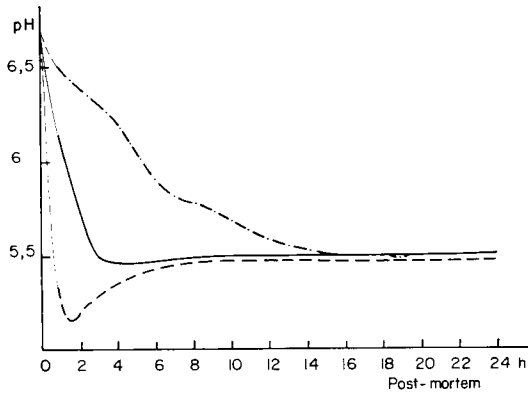


FIG. 3. — Types d'évolution du pH post mortem dans le muscle de porc. (D'après BRISKEY et WISMER-PEDERSEN, 1961 a)

- chute à pH 5,7 en 3 heures
- chute à pH 5,2 en 1h. 30
- - - chute à pH 5,7 en 8 heures

Les carcasses des porcs dont les muscles donnent des courbes d'enregistrement de pH du type 4 correspondent à des carcasses classées « exsudatives » par un jugement subjectif.

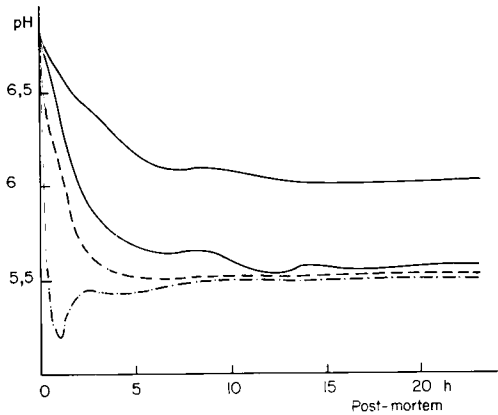


FIG. 4. — Différents types d'évolution du pH post mortem dans le muscle Gracilis de porc. (CHARPENTIER et GOUTEFONGEA, 1963 b)

- Chute lente. Minimum atteint en 12 heures.
- Chute rapide à pH 5,50 — 5,70 en 3 heures.
- - - Chute très rapide à pH 5,20 en 1 heure, puis remontée et stabilisation à pH 5,40 — 5,50.

En utilisant une technique analogue, nous avons obtenu des résultats sensiblement identiques (fig. 4) (CHARPENTIER, GOUTEFONGEA, 1963 b).

BENDALL, HALLUND, WISMER-PEDERSEN (1962) classent les porcs dont ils

suivent le pH pendant 24 heures (sur un échantillon de muscle *Longissimus dorsi* maintenu à 37°C) en deux catégories :

Catégorie A : Le pH décroît à la vitesse de 0,25 unité/heure jusqu'à pH 6, puis cette vitesse croît à 0,65 unité/heure et se stabilise, le pH ultime est atteint en 4 h 30.

Catégorie B : Le pH décroît à la vitesse de 1,05 unité/heure, le pH ultime est atteint en 2 h 30.

Le pH ultime est le même pour les 2 catégories : 5,39.

Il ressort donc des travaux de tous ces auteurs que, plus que la valeur du pH ultime, c'est la vitesse de chute du pH qui caractérise l'état exsudatif.

e) *Rapports entre le pH, le pouvoir de rétention d'eau et la couleur des viandes*

Les viandes exsudatives étant caractérisées par un bas pH ultime, un pouvoir de rétention d'eau faible et une coloration pâle, divers auteurs ont étudié les rapports entre ces caractéristiques de la viande.

WISMER-PEDERSEN (1959) observe que le pouvoir de rétention d'eau décroît avec le pH.

SWIFT et BERMAN (1959) trouvent, mais chez le bœuf, un coefficient de corrélation  $r = + 0,947 \pm 0,028$  entre le pH et le pouvoir de rétention d'eau. Ce coefficient est significatif à  $P = 0,01$ .

NIINIVARA et POHYA (1954), étudiant le pouvoir de rétention d'eau de la viande en fonction du pH, observent qu'il passe par un minimum pour un pH égal au point iso-électrique des protéines de la viande (5,3 environ). Ceci pourrait suffire à expliquer le caractère exsudatif des viandes à bas pH. Celui-ci étant alors très voisin du point iso-électrique des protéines, ces dernières ont un pouvoir de rétention d'eau minimum.

BRISKEY et WISMER-PEDERSEN (1961 a) notent que lorsque le pH chute assez lentement (pH 5,7 atteint en 8 heures après l'abattage) pour atteindre 5,3—5,7 à 24 heures, le pouvoir de rétention d'eau (mesuré par pression selon la méthode indiquée par WISMER-PEDERSEN (1959)), au bout de 24 heures, est représenté par une perte d'eau de 420 mg/g. Lorsque le pH chute à 5,5 en 3 heures et atteint 5,3—5,6 après 24 heures, cette quantité d'eau extraite passe à 460 mg/g. Enfin, lorsque le pH chute à 5,1 en 1 h 30 et atteint 5,3—5,6 après 24 heures, on obtient une quantité d'eau extraite de 540—550 mg/g.

Nous avons étudié les relations entre pH, pouvoir de rétention d'eau et couleur, en travaillant sur 288 échantillons de muscles provenant de 18 porcs (MESLE et al., 1960).

Nous avons obtenu, pour l'ensemble des échantillons, les coefficients de corrélation globaux suivants :

$r_1 = - 0,73$  (significatif à  $P = 0,01$ ) entre le pH et la quantité d'eau libre.

$r_2 = + 0,34$  (significatif à  $P = 0,01$ ) entre le pH et la teneur en myoglobine.

Mais, en calculant ces coefficients de corrélation par porc, nous avons obtenu des valeurs très variables s'échelonnant :

de :  $r_1 = - 0,26$  (non significatif) à  $r_1 = - 0,89$  (significatif à  $P = 0,01$ ), pour le coefficient de corrélation entre pH et quantité d'eau libre.

et de :  $r_2 = -0,07$  (non significatif) à  $r_2 = +0,90$  (significatif à  $P = 0,01$ ), pour le coefficient de corrélation entre pH et teneur en myoglobine.

Ceci permet de penser que, selon le degré de l'affection, les 3 critères considérés ne sont peut-être pas atteints avec la même intensité ; chez des porcs normaux, les 3 caractères n'étant pas affectés et chez des porcs à myopathie exsudative et dépigmentaire nette, ces mêmes caractères étant atteints à un degré élevé, on aurait des coefficients de corrélation élevés. Chez des animaux présentant le caractère exsudatif avec une intensité moyenne, par contre, le pH, le pouvoir de rétention d'eau et la teneur en myoglobine pourraient être affectés à des degrés différents et ceci entraînerait l'obtention de coefficients de corrélation faibles.

D'autre part, si on considère les animaux dans les muscles desquels le pH et la teneur en myoglobine sont liés étroitement, on observe que les pentes des droites de régression sont très variables. Ceci peut être expliqué par une sensibilité plus grande du pH aux conditions précédant l'abattage ; on peut en effet penser que, si le pH peut varier rapidement sous l'effet de causes diverses, la teneur en myoglobine doit demander beaucoup plus de temps pour évoluer.

#### f) *Température*

La température interne des muscles s'élève un peu après l'abattage. Le maximum est atteint en 1 heure environ après l'abattage, puis on assiste à une décroissance rapide. La valeur du maximum est supérieure à 40°C dans les muscles exsudatifs, alors qu'elle reste inférieure à cette température dans les muscles normaux. De plus dans les muscles exsudatifs, cette température se maintient à son maximum pendant plus longtemps (2 heures), mais chute plus rapidement ensuite. (BRISKEY et WISMER PEDERSEN, 1961 a). Ce phénomène est en général interprété comme une conséquence d'une glycolyse anaérobie (qui est très exothermique) plus intense dans les muscles exsudatifs (McLOUGHLIN et GOLDSPIK, 1963).

#### g) *Histologie*

HENRY, BILLON, HAOUZA (1955) prennent des échantillons de *m. Gluteus superficialis* et font des coupes transversales et longitudinales par rapport à la direction des fibres ; en comparant des coupes de muscle normal et de muscle exsudatif, ils font les remarques suivantes :

##### *Coupes transversales.*

- Faible grossissement :  $\times 70$  : peu de différences.
- Fort grossissement :  $\times 340$  : les faisceaux qui sont globuleux et turgescents dans les viandes normales sont polygonaux et rétractés dans les viandes exsudatives où le sarcoplasme est moins abondant.

##### *Coupes longitudinales.*

- Faible grossissement :  $\times 70$  : les faisceaux, au lieu d'être rectilignes, sont plissés longitudinalement (aspect en vagues).
- Fort grossissement :  $\times 340$  : la striation transversale des fibrilles est disparue et on observe des plicatures longitudinales.

Mais, d'après DUMONT (1960), ces résultats n'ont peut-être pas toute la valeur qu'on voudrait leur donner, car l'aspect plissé des fibres semble n'être qu'un aspect normal d'un muscle subissant la *rigor mortis*. En effet, lors de la *rigor mortis*, les fibres musculaires subissent une sorte de contraction leur faisant prendre un aspect plissé ou « en vagues ». Le fait que cet aspect soit observé au bout de 24 heures *post-mortem* dans les viandes exsudatives et pas dans les viandes normales peut s'expliquer par une installation plus précoce de la *rigor* dans les viandes exsudatives. Si on observait les viandes normales au bout de 30 heures ou plus, il est probable qu'on y retrouverait le même phénomène.

LUDVIGSEN (1954) observe sur une section longitudinale de muscle atteint un violent œdème du tissu conjonctif interstitiel, chaque fibre musculaire étant séparée de ses voisines. Il note également que ces fibres sont gonflées et qu'aucune striation transverse n'est visible.

Par contre, WISMER-PEDERSEN (1959) et (1963) n'observe aucune différence d'ordre microscopique entre des muscles *Longissimus dorsi* de Porcs, dont le pH pris 3/4 d'heure après l'abattage est élevé ou bas (de 6,6 à 5,5).

LAWRIE et *al.* (1958) notent également une absence de striation transversale dans les fibres musculaires atteintes.

LAWRIE (1960), en étudiant des muscles *Longissimus dorsi* de divers pH ultimes, observe que :

à pH = 5,1 les fibres musculaires sont parallèles et montrent la striation transversale, mais l'intérieur de la majorité d'entre elles est désorganisé.

à pH = 4,9 toutes les fibres ont un aspect normal. Certaines sont encore droites, mais beaucoup sont plissées, tordues et souvent brisées.

LAWRIE (1960) rejoint également l'opinion de DUMONT (1960) à propos du plissage décrit par LUDVIGSEN (1954) et HENRY, BILLON, HAOUZA (1955). Selon lui, l'aspect général des tissus ressemble au muscle normal fixé pendant la *rigor mortis* ; des plissages similaires peuvent être obtenus avec des sections de muscles normaux dans certaines conditions de fixation et de coloration, ou encore dans des muscles normaux ayant subi une *rigor mortis* rapide.

Cette opinion est reprise par LAWRIE et GATHERUM (1961).

## 2<sup>o</sup>) COMPOSITION CHIMIQUE

Un certain nombre d'auteurs ont cherché à mettre en évidence des différences d'ordre chimique entre muscles normaux et exsudatifs ; les différents dosages pratiqués concernent le déroulement de la glycolyse (phosphore), le métabolisme minéral (Na-K), la composition des protéines musculaires et la respiration cellulaire (cytochrome C).

HENRY, BILLON et HAOUZA (1955) ont analysé des échantillons prélevés sur 34 jambons après stockage à + 4° C pendant 24 h. Les échantillons sont pris dans les muscles suivants :

*Gluteus superficialis,*  
*Gluteus medius,*  
*Gracilis,*  
*Adductor.*

Les jambons sont classés en 3 catégories :

- 1) Non exsudatifs — bien pigmentés,
- 2) Non exsudatifs — moins bien pigmentés.
- 3) Exsudatifs.

Les dosages sont pratiqués sur des échantillons de muscles et également sur du suc musculaire exprimé de muscles normaux et exsudatifs.

Les méthodes d'analyse utilisées sont :

— Le pH est mesuré directement dans le muscle avec une électrode de verre.  
 — La teneur en eau totale est déterminée par passage à l'étuve à vide à 100° pendant 5 heures.

— Les lipides sont extraits au Kumagawa par l'alcool et l'éther.

— Pour le dosage des ions : un échantillon de 20 g de muscle est épuisé en plusieurs fois à froid par 5 volumes d'acide trichloracétique à 10 p. 100. Après centrifugation et filtration à la chambre froide, la liqueur d'extraction est utilisée pour les dosages suivants :

P minéral par la méthode de Fiske-Subbarow,

P trichloracétique (minéralisation d'une partie aliquote et dosage Fiske-Subbarow),

P de l'A. T. P. par hydrolyse pendant 7 minutes au bain-marie bouillant de 1 cm<sup>3</sup> de l'extrait trichloracétique par 1 cm<sup>3</sup> de ClH 2N,

Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> sont dosés sur l'extrait trichloracétique initial au photomètre à flamme de Lange.

Ces résultats sont groupés dans le tableau 5. Quelques faits peuvent être mis en évidence :

— Le pH des viandes exsudatives est plus bas que celui des viandes normales. De même, le pH du suc musculaire extrait par pression est plus bas dans les viandes exsudatives.

— La teneur en eau du muscle exsudatif est sensiblement égale à celle du muscle normal. Ceci semble confirmer que le caractère exsudatif est dû à une mauvaise rétention d'eau.

— L'ATP est complètement hydrolysé 24 heures après l'abattage.

— On ne note pas de différence entre les deux types de muscles en ce qui concerne le P trichloracétique ni le P des esters phosphoriques. Par contre, il semble y avoir un peu moins de P minéral dans les muscles exsudatifs, mais cela demanderait à être vérifié.

— Le rapport  $\frac{Na^+}{K^+}$ , qui est de 2, 5 dans le muscle normal, atteint la valeur de 4,7 dans le muscle exsudatif. La comparaison avec les valeurs de ces rapports dans le suc musculaire semble indiquer que le liquide suintant a une origine fortement intracellulaire et correspond au suc de cellules lésées. En fait, les membranes de ces cellules sont probablement plus perméables que celles du muscle normal, mais ne sont certainement pas détruites. En effet, WISMER-PEDERSEN (1960 *a*) a dosé le DNA dans le fluide exprimé de viandes exsudatives et normales. La teneur en DNA est légèrement supérieure dans le liquide en provenance des viandes exsudatives, mais pas suffisamment pour justifier la destruction des membranes

(14,6 mg de DNA/5 ml de fluide contre 12 mg). McLOUGHLIN et GOLDSPIK (1963 *b*) ont d'ailleurs confirmé, par électrophorèses comparées d'exsudat de muscle exsudatif et d'extrait sarcoplasmique de muscles normaux, l'origine intracellulaire de l'exsudat.

TABLEAU 5

Résultats des analyses de muscles et de suc musculaire  
(d'après HENRY, BILLON, et HAOUZA, 1955)

	Muscles			Suc musculaire obtenu par pression	
	Non exsudatifs		Exsudatifs	Viande non exsudative	Viande exsudative
	1	2	3	4	5
pH.....	6,1 (± 0,15)	5,8 (± 0,13)	5,24 (± 0,16)	5,6 (± 0,26)	5,3 (± 0,12)
Humidité de la viande rapportée à l'extrait délipidé (en %).....	75,2 (± 0,63)	—	75,74 (± 1,13)	76,1 (± 0,98)	75,8 (± 0,85)
Extrait sec du suc musculaire exprimé par pression (en %).....	—	—	—	12,7 (± 1,45)	12,27 (± 0,42)
P trichloracétique total (en mg/100 g de muscle).....	194,6 (± 18,5)	185 (± 18,4)	183,5 (± 26,4)	169,2 (± 24,8)	185,2 (± 33,5)
P de l'ATP (en mg/100 g de muscle).....	0	0	0	0	0
P des esters phosphoriques des sucres (en mg/100 g de muscle).....	24,8 (± 18,75)	34,5 (± 11,4)	57,7 (± 24)	26,8 (± 9,85)	40 (± 28,8)
P minéral (en mg/100 g de muscle).....	162 (± 20)	150 (± 18,4)	125,8 (± 27)	142,6 (± 25,5)	144,8 (± 12,8)
Na <sup>+</sup> (en meq/100 g de muscle).....	3,85 (± 0,83)	3,8 (± 0,8)	2,21 (± 0,2)	2,76 (± 0,3)	3,16 (± 0,7)
K <sup>+</sup> (en meq/100 g de muscle).....	9,85 (± 0,45)	9,3 (± 1,24)	10,32 (± 0,22)	15,4 (± 0,7)	14,4 (± 1,14)
Rapport $\frac{K^+}{Na^+}$ .....	2,55	2,44	4,70	5,6	4,55

HENRY et BERNARD (1960) montrent que la teneur en cytochrome C des muscles exsudatifs est environ la moitié de celle des muscles normaux, la détermination étant faite sur des échantillons prélevés une demi-heure après la mort.

DAHL (1962) dose les acides aminés dans le muscle *Longissimus dorsi* d'un porc

normal et d'un porc atteint à un degré élevé. Les résultats (tableau 6) montrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux types de muscles.

KRZYWICKI et WISMER-PEDERSEN (1962) extraient les protéines sarcoplasmiques de muscles exsudatifs et normaux et les soumettent à l'électrophorèse sur papier. Ils observent une extraction plus faible, portant sur la fraction globuline X, dans le cas des viandes exsudatives, mais ne mentionnent pas de différence qualitative.

TABLEAU 6

*Composition en acides aminés d'un muscle normal et d'un muscle exsudatif de porc*  
D'après DAHL (1962)

Acides aminés	Porc normal (%)	Porc exsudatif (%)
Acide aspartique .....	9,89	9,88
Thréonine .....	4,75	4,75
Sérine.....	4,19	4,15
Acide glutamique .....	15,65	15,66
Proline .....	3,94	4,04
Glycine .....	4,34	4,19
Alanine .....	5,80	5,74
Cystine .....	~ 0,3	~ 0,3
Valine .....	5,10	5,27
Méthionine .....	2,93	3,25
Méthionine sulfoxyde .....	~ 0,3	~ 0,00
Isoleucine .....	4,76	4,94
Leucine .....	8,28	8,32
Tyrosine .....	3,64	3,72
Phénylalanine.....	4,27	4,14
Lysine .....	9,50	9,61
Histidine .....	4,45	4,25
Arginine .....	6,45	6,40
Tryptophane.....	1,29	1,26
Hydroxyproline .....	0,17	0,13
Total .....	100	100
Composés guanidiques hydroso- lubles en % protéines totales...	2,64	2,60

Nous avons pratiqué l'électrophorèse en gel d'amidon des protéines sarcoplasmiques extraites en milieu de faible force ionique à partir d'échantillons de muscles normaux et exsudatifs, et nous n'avons observé aucune différence qualitative, mais une concentration plus faible de diverses protéines sarcoplasmiques dans les extraits provenant de muscles exsudatifs (CHARPENTIER, GOUTEFONGEA, 1963 *b*).

Cette extractibilité plus faible des protéines sarcoplasmiques à partir des muscles exsudatifs a été également observée par WISMER-PEDERSEN et BRISKEY (1961 *b*) et par BENDALL et WISMER-PEDERSEN (1962).

Les principales différences observées lors de ces études comparatives de la composition chimique des muscles normaux et exsudatifs concernent donc :

— la perméabilité cellulaire (supérieure dans les muscles exsudatifs),

- l'origine sarcoplasmique de l'exsudat,
- la teneur en cytochrome C (inférieure dans les muscles exsudatifs),
- l'extraction plus difficile des protéines sarcoplasmiques à partir des muscles exsudatifs.

### 3<sup>o</sup>) CONSÉQUENCES TECHNOLOGIQUES

D'une manière générale, les viandes exsudatives donnent des résultats inférieurs aux viandes normales au point de vue du rendement à la cuisson et des qualités organoleptiques. Ces défauts sont dus essentiellement au faible pouvoir de rétention d'eau.

Les viandes exsudatives, à l'état frais, sont difficilement utilisables. En effet, leur aspect les défavorise auprès du consommateur et la préparation de morceaux commercialisables est difficile à réaliser dans des masses musculaires aussi inconsistantes. Ces viandes doivent donc être utilisées au moyen de la salaison ou d'autres techniques de fabrication. Mais, là encore, quelque soit le procédé utilisé, le rendement en produit fini est inférieur à celui obtenu avec des viandes normales.

Dans le salage à sec, la viande a peine à parvenir à un état de dessiccation parfait, on dit que le « sel prend mal ». Aux endroits où le « sel prend » la viande a un aspect grisâtre et se rétracte. Par contre, là où le sel ne pénètre pas, la viande reste humide et suintante et des moisissures se développent facilement (COSSARD, 1957).

Dans le cas des salaisons en saumure, les viandes exsudatives donnent un rendement final inférieur (WISMER-PEDERSEN, 1960 *a*). Les échanges solution saline-suc cellulaire, se font avec intensité à travers les membranes très perméables et on obtient des viandes à teneur en sel aussi élevée que les viandes normales, mais les qualités gustatives sont nettement inférieures. WISMER-PEDERSEN (1960 *a*) a dosé l'azote diffusant hors des cellules pendant la salaison (tabl. 7). Les résultats montrent une diffusion d'azote plus importante dans le cas des viandes exsudatives. Il a aussi déterminé le poids de saumure restant liée à la viande après le saumurage. On voit là encore que la saumure pénétrant dans la viande est très mal liée dans le cas de viande exsudative. Tous ces résultats sont groupés dans le tableau 7 avec la teneur finale en sel, le pH pris 30 mn après l'abattage et la perte de poids au pressage (24 h après abattage) qui mesure le pouvoir de rétention d'eau.

Dans la fabrication du « Jambon de Paris », les résultats obtenus avec des viandes exsudatives sont également inférieurs, tant du point de vue rendement, que du point de vue caractères organoleptiques. En effet, bien qu'un jambon exsudatif soit capable d'absorber plus de saumure et donc d'avoir un gain de poids au saumurage supérieur à celui d'un jambon normal (WISMER-PEDERSEN, 1960 *a*), la perte subie ensuite à l'étuvage et à la cuisson est telle que le rendement final du jambon exsudatif est nettement inférieur à celui du jambon normal.

D'une part, le jambon exsudatif traité en « Jambon de Paris » est plus sec et moins moelleux que le jambon normal traité par la même méthode.

Les travaux de WISMER-PEDERSEN (1960 *b*) montrent également que, en soumettant à la dégustation des jambons en boîte stérilisés et pasteurisés, les notes attribuées marquent la supériorité des jambons normaux sur les jambons exsudatifs.

De même, lorsque l'on utilise de la viande de porc exsudatif pour la fabrication de chair à saucisse, le produit final obtenu est beaucoup plus sec par suite de la mauvaise rétention d'eau.

TABLEAU 7  
Influence de la structure sur le pouvoir de rétention d'eau de la viande  
D'après WISMER-PEDERSEN (1960)

	N° de P'échantillon	Perte de poids en mg/g mesurée par pression (2½ h <i>post mortem</i> )	pH 30 mn <i>post mortem</i>	Poids de saumure liée en % du poids de la viande	mg N diffusé dans la solution à partir de 20 g de viande	% de NaCl dans la viande
Viandes exsudatives	1	515	—	1	147	2,38
	2	515	—	5	146	2,36
	3	512	5,50	3	137	2,38
	4	511	5,56	14	136	—
	5	507	—	3	138	2,38
	6	503	5,52	6	141	2,41
	7	498	5,51	5	144	—
	8	492	5,44	0	142	2,41
	9	489	5,79	28	128	—
	10	487	5,41	5	136	—
	11	467	5,60	10	138	—
	12	457	5,66	5	143	—
	Moyenne	496	5,55	7,1	139,7	2,39
	13	484	6,21	32	114	—
	14	449	6,57	47	103	—
	15	448	6,33	26	139	—
	16	446	—	48	104	2,48
	17	441	6,32	45	106	—
	18	440	—	33	136	2,45
	19	435	—	59	82	2,47
	20	435	6,44	26	133	2,49
	21	432	6,38	79	48	2,53
	22	431	6,23	34	121	—
	23	425	6,21	28	139	—
	24	—	6,27	28	126	2,47
	Moyenne	442	6,33	40,4	112,6	2,48

### III. — PHÉNOMÈNES SE PRODUISANT DANS LE MUSCLE DANS LES 24 HEURES APRÈS LA MORT

#### 1°) MUSCLE NORMAL

Après la mort, dans un délai de quelques heures, on observe un durcissement des muscles. C'est le phénomène de la rigidité cadavérique ou *rigor mortis*, dont la vitesse d'établissement est fonction de la température. Plus la température est

élevée, plus la *rigor mortis* est rapide. Les muscles sont alors durs au toucher et gonflés. Cette rigidité se maintient normalement pendant 24 à 48 h. Toutefois, dans le cas des viandes exsudatives, la *rigor mortis* semble s'installer plus rapidement, mais être très fugace et peu intense.

Ce phénomène, que l'on observe extérieurement, s'accompagne de nombreuses réactions biochimiques dans le muscle et de la chute du pH.

Simultanément, on assiste aux phénomènes suivants (WHITAKER, 1959) :

- glycogénolyse,
- chute de teneur en phosphocréatine,
- chute de teneur en ATP,
- libération d'ammoniac,
- chute de pH.

Le temps qui s'écoule entre la mort et le début de la *rigor mortis* dépend de trois principaux facteurs (BATE SMITH, BENDALL, 1949) :

- le pH du muscle au moment de la mort (qui est conditionné par son activité dans les derniers instants de la vie),
- la réserve de glycogène du muscle,
- le stock de phosphocréatine du muscle.

En effet, au fur et à mesure que l'ATP est détruit, il s'en resynthétise continuellement par deux voies :

- 1) la réaction  $\text{ADP} + \text{phosphocréatine} \rightarrow \text{ATP} + \text{créatine}$ ,
- 2) la resynthèse de l'ATP par la glycogénolyse, à raison de 1,5 mole par mole d'acide lactique produit.

La voie (1) (phosphocréatine) est rapide, mais son importance est évidemment fonction du stock de phosphocréatine du muscle.

La voie (2) (glycogénolyse) est limitée par l'épuisement du glycogène. Quand le stock de glycogène commence à s'épuiser, l'ATP est plus vite détruit que synthétisé et sa quantité globale diminue. Lorsque cette teneur en ATP a chuté suffisamment, l'actine et la myosine peuvent alors s'unir en actomyosine, ce qui ne peut se faire en présence d'A.T.P. (SZENT-GYORGI, 1951).. C'est alors le début de la *rigor mortis* qui est complète lorsque 80 p. 100 de l'ATP a disparu (WHITAKER, 1959).

La glycogénolyse produisant de l'acide lactique qui n'est pas éliminé du muscle, le pH baisse. Or, les enzymes de la glycogénolyse ont un optimum de fonctionnement à pH 7 ; leur activité décroît ensuite avec le pH pour s'annuler aux environs de pH 5,3. Ceci explique que chez les bovins, où le stock de glycogène à la mort est plus important que chez les porcs, la glycogénolyse cesse et la *rigor mortis* est complète avant que tout le glycogène soit épuisé. Par contre, chez le porc, le facteur limitant n'est pas le pH, mais la valeur du stock de glycogène, qui est pratiquement toujours entièrement détruit lorsque la *rigor mortis* est complète.

Enfin, l'ammoniac libéré peut provenir de deux sources (BENDALL et DAVEY, 1957) :

— source principale : désamination de l'adénosine monophosphate (AMP) en inosine monophosphate (IMP.), suivant les réactions :

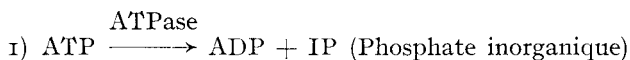
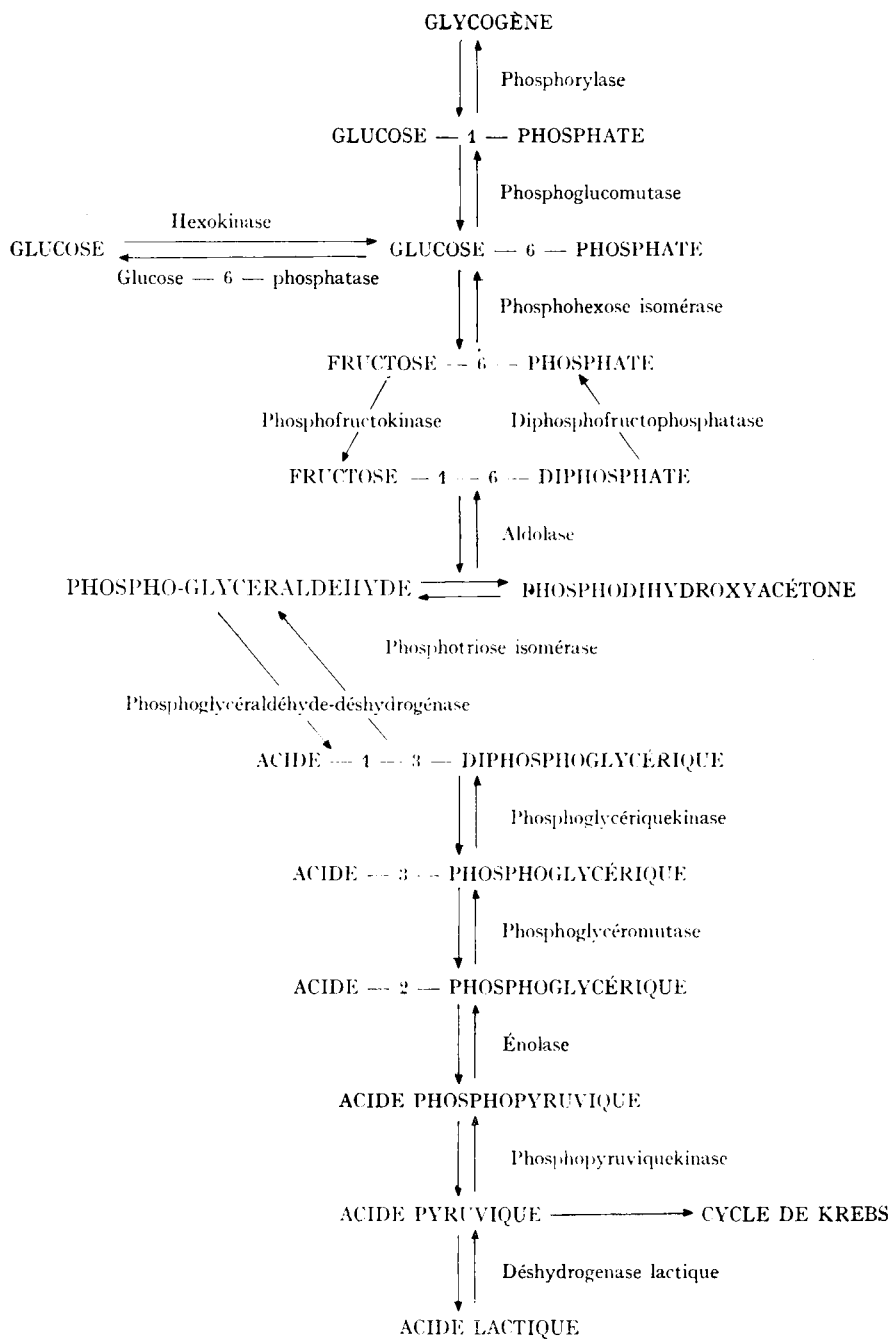
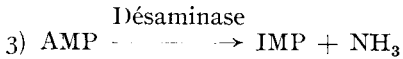
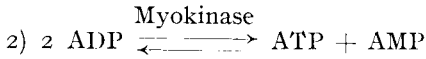
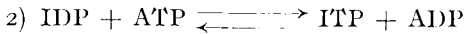


TABLEAU 8  
Schéma de la glycogénolyse





— source secondaire : désamination directe de l'adénosine diphosphate (ADP) en inosine diphosphate (IDP) suivant les réactions :



La glycolyse aboutit donc à la formation d'acide lactique dont l'accumulation abaisse le pH. La transformation du glycogène en acide lactique qui peut se résumer par la réaction globale :



est, en fait, une succession de réactions faisant intervenir de nombreux corps intermédiaires et enzymes. On peut la résumer dans le tableau 8.

## 2°) MUSCLE EXSUDATIF

Il ne semble pas y avoir de différences en ce qui concerne l'évolution de l'ATP (HENRY BILLON, HAOUZA, 1955). Le caractère essentiel du muscle exsudatif est la chute très rapide du pH et sa valeur finale en général inférieure.

Ce phénomène peut avoir deux causes. Soit une glycolyse anaérobie plus rapide, soit une réduction du pouvoir tampon du muscle, soit une combinaison des deux.

La glycolyse plus rapide pourrait être causée par un fonctionnement anormal d'une ou plusieurs des enzymes qui interviennent dans la chaîne des réactions participant à la glycolyse. En effet, on a montré (WHITAKER, 1959), que dans un muscle normal, l'activité de ces différentes enzymes décroît quand le pH décroît.

Bien que chacune de ces enzymes soit en général susceptible de fonctionner dans les deux sens de la réaction d'équilibre à laquelle elle participe, et ceci, en fonction des concentrations en substrats, on peut penser que, si ces enzymes avaient un fonctionnement normal, une glycolyse anaérobie rapide, entraînant un pH bas rapidement, se ralentirait d'elle-même.

Le muscle de l'animal mort n'étant plus irrigué, sa seule source d'oxygène est constituée par la myoglobine. Or, le muscle exsudatif contient beaucoup moins de myoglobine que le muscle normal et, de plus, comme il contient également beaucoup moins de cytochrome C, qui est un transporteur d'oxygène, on peut en déduire que la fibre de muscle exsudatif a beaucoup moins d'oxygène à sa disposition que la fibre du muscle normal. Ceci peut avoir plusieurs conséquences pouvant expliquer, au moins en partie, la chute rapide du pH.

— On pourrait envisager, dans le muscle normal possédant une certaine réserve d'oxygène, le fonctionnement du cycle oxydatif des pentoses, pouvant causer un ralentissement de la glycolyse anaérobie stricte. Toutefois, il n'est pas absolument certain que ce cycle fonctionne dans le muscle et, s'il fonctionne, son importance relative doit être trop faible pour expliquer les différences observées.

— D'autre part, toujours dans le muscle normal, on pourrait attribuer à l'oxygène présent un « effet Pasteur » consistant en une inhibition partielle de la glycolyse anaérobie par l'oxygène présent dans la cellule ; ce qui fait que, dans une cellule privée d'oxygène, un plus grand nombre de molécules d'oses sont glycolysées qu'en présence d'oxygène (JACQUOT *et al.*, 1960).

En outre, on sait que l'oxygène conditionne le fonctionnement du cycle de KREBS. Ce cycle consomme de l'acide pyruvique et continue à fonctionner pendant un certain temps après la mort (HORNSEY, 1961). En l'absence d'oxygène, il ne fonctionnera pas et il y aura accumulation d'acides pyruvique et lactique (l'acide lactique étant transformé en acide pyruvique par l'intermédiaire de la lacticodéshydrogénase) qui contribuent à la chute du pH ; de plus, à de bas pH, en raison de la faible activité de la lacticodéshydrogénase, la transformation acide lactique → acide pyruvique doit être difficile.

— L'activité de certaines enzymes intervenant dans la glycogénolyse a été étudiée par BRISKEY et WISMER-PEDERSEN (1961 *a*). Ce sont la phosphorylase, la lacticodéshydrogénase et la pyruvique oxydase. Ces auteurs ont trouvé des différences d'activité entre muscles exsudatifs et normaux, surtout pour la phosphorylase, qui a une activité plus forte dans les muscles exsudatifs, ce qui peut contribuer à la vitesse accrue de la glycogénolyse.

Nous avons également observé que l'activité de la lacticodéshydrogénase était plus faible dans les muscles exsudatifs (CHARPENTIER, GOUTEFONGEA, 1963 *a*).

— Quant à la réduction du pouvoir tampon, si elle existe, elle pourrait provenir d'une réduction de la réserve alcaline sodée du muscle, elle-même due à un déséquilibre hydrominéral (HENRY, BILLON, HAOUZA, 1955).

A ce sujet, LAWRIE (1960) obtient des valeurs moyennes de pouvoir tampon de  $5,66 \cdot 10^{-5}$  équivalent/g/pH pour des muscles exsudatifs contre  $5,9 \cdot 10^{-5}$  équivalent /g/pH pour des muscles normaux. Les différences enregistrées sont donc faibles.

BENDALL, HALLUND et WISMER-PEDERSEN (1962) ne trouvent aucune différence de pouvoir tampon entre muscles normaux et exsudatifs ( $6,5 \cdot 10^{-5}$  équivalent /g/pH).

De même, nous avons trouvé quelques différences de pouvoir tampon entre muscles normaux et exsudatifs, mais très insuffisantes pour pouvoir expliquer, même partiellement, la chute rapide du pH (CHARPENTIER, GOUTEFONGEA, 1963 *a*).

Quoiqu'il en soit, glycogénolyse très rapide, pouvoir tampon réduit, ou les deux, conduisent à une chute rapide de pH à un niveau voisin du point isoélectrique de l'actomyosine, ce qui correspond au minimum de liaison de cette protéine avec l'eau. Selon HAMM (1953) l'actomyosine subirait une dénaturation au pH correspondant à son point isoélectrique, ce qui entraînerait à la fois une libération de molécules d'eau et un resserrement des chaînes polypeptidiques donnant une structure réticulaire plus serrée. Les molécules d'eau, libérées de l'attraction électrostatique des radicaux ionisés des chaînes latérales, seraient seulement prisonnières des mailles du réseau et pourraient partir plus facilement, ce qui expliquerait le faible pouvoir de rétention d'eau des viandes exsudatives.

Selon d'autres auteurs (BENDALL et WISMER-PEDERSEN, 1962),<sup>4</sup> McLoughlin, 1963), le fait que les muscles parviennent à un pH bas alors que leur température est encore élevée, (en raison de la rapidité de la chute du pH) pourrait provoquer une

précipitation des protéines sarcoplasmiques le long des myofibrilles. Cette couche de protéines sarcoplasmiques empêcherait alors, au moins partiellement, les protéines structurales de jouer pleinement leur rôle vis-à-vis de l'eau. Cette hypothèse est en accord avec l'extractibilité plus faible des protéines sarcoplasmiques à partir du muscle exsudatif (BENDALI, et WISMER-PEDERSEN, 1962), mais n'a pas été confirmée par des observations histologiques (CASSENS, BRISKEY, HOEKSTRA, 1963 *a* et *b*).

Il est cependant probable que le pouvoir de rétention d'eau des protéines musculaires n'est pas seul en cause, mais que la perméabilité cellulaire accrue contribue à accentuer le caractère exsudatif (WISMER-PEDERSEN, 1960 *a*).

De cet ensemble de faits, on peut tirer un certain nombre de critères qui serviront de contrôle lors des études sur le mécanisme de l'affection. Ce sont essentiellement :

- la mesure du  $pH_1$  (45 mn *post mortem*)
- la mesure du pH ultime (24 h *post mortem*)
- la mesure de la couleur,
- la mesure du pouvoir de rétention d'eau.

On peut éventuellement y adjoindre certaines déterminations chimiques ayant trait au déroulement de la glycolyse ou au comportement des protéines musculaires.

#### IV. — EXPLICATION DU PHÉNOMÈNE

##### 1<sup>o</sup>) OBSERVATIONS EXPÉRIMENTALES : PLURALITÉ DES CAUSES EXTERNES

LUDVIGSEN (1954) étudie l'apparition des cas de dégénérescence musculaire sur l'ensemble des porcs abattus dans une usine danoise de 1948 à 1953. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 9. Seuls sont pris en considération les cas de dégénérescence musculaire totale découverts à l'abattage, car les formes transitoires sont parfois difficiles à mettre en évidence et, en tous cas, sont impossibles à comptabiliser. Les cas de mort pendant le transport et pendant le stockage avant abattage sont également notés.

De cet ensemble de résultats, LUDVIGSEN (1954) extrait les remarques suivantes :

— Les cas de dégénérescence musculaire totale sont plus nombreux pendant l'été.

— Entre 1948 et 1953, il y a une réduction des cas de décès au cours de transport et en stockage. Ce phénomène est attribué à l'amélioration des conditions de transport.

Si les porcs sont soumis à un repos de quelques heures entre l'arrivée et l'abattage, on observe une baisse de la proportion des cas de dégénérescence musculaire ; en effet, en 1951, pour une durée de 13 semaines, les 13 050 porcs abattus dès leur arrivée présentent 120 cas de dégénérescence, soit 0,90 p. 100, alors que parmi les 5 708 porcs laissés au repos dès leur arrivée en début de matinée et abattus en fin d'après-midi, il n'y a que 17 cas de dégénérescence musculaire, soit 0,30 p. 100.

LUDVIGSEN (1954) attribue donc pour une large part le déclenchement de cette affection à une activité musculaire intense et inhabituelle pendant le transport et le parquage à l'abattoir doublé d'une agitation excessive.

Le même auteur remarque également une recrudescence des cas de dégénérescence musculaire coïncidant avec la période d'hypofonctionnement thyroïdien des porcs qui est l'été. Il étudie alors l'influence de l'introduction dans la nourriture de substances telles que la caséine iodée et le méthylthiouracile (LUDVIGSEN, 1955 *a* et *b*).

TABLEAU 9

*Bilan d'un abattoir danois entre 1948 et 1953*  
D'après LUDVIGSEN (1954)

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total	(%)
<i>1948</i>														
M. D. totale.....	0	0	2	0	6	6	15	8	3	1	1	0	49	0,19
Morts en transport.	1	0	2	3	1	7	8	0	2	1	1	0	26	0,10
Morts en stockage.	1	0	3	5	5	7	4	2	2	2	2	2	35	0,14
Total abattu.....	3 354	2 797	2 463	2 463	2 135	2 312	2 451	1 203	1 775	1 102	1 203	1 822	25 828	
<i>1949</i>														
M. D. totale.....	0	0	5	9	15	22	15	8	9	1	5	2	91	0,20
Morts en transport.	1	2	1	3	1	4	8	3	2	0	1	1	27	0,06
Morts en stockage.	1	0	0	2	0	4	10	2	4	0	0	3	26	0,06
Total abattu.....	1 845	2 049	3 697	2 894	3 178	3 537	4 643	4 100	4 389	4 330	4 747	6 362	45 771	
<i>1950</i>														
M. D. totale.....	2	0	6	9	12	23	24	38	20	18	13	8	182	0,25
Morts en transport.	1	1	3	1	4	8	3	4	1	1	1	1	29	0,04
Morts en stockage.	1	1	2	3	3	6	4	2	1	1	0	0	24	0,03
Total abattu.....	6 013	5 800	7 339	5 261	7 278	7 136	6 343	6 602	4 671	4 783	6 368	4 692	72 286	
<i>1951</i>														
M. D. totale.....	3	7	4	16	18	38	41	63	21	13	11	18	353	0,34
Morts en transport.	2	0	0	1	2	1	3	4	1	0	2	0	14	0,02
Morts en stockage.	1	2	1	0	7	3	0	2	0	0	1	0	17	0,02
Total abattu.....	8 665	6 719	6 623	6 891	8 308	6 789	5 876	6 091	3 595	5 458	4 449	4 660	74 124	
<i>1952</i>														
M. D. totale.....	27	22	22	24	18	23	53	34	25	38	16	11	343	0,52
Morts en transport.	2	0	0	1	2	1	3	4	1	0	2	0	16	0,02
Morts en stockage.	0	2	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	7	0,01
Total abattu.....	6 183	5 452	4 812	5 719	4 931	6 031	7 056	4 789	5 107	4 989	4 995	5 663	65 737	
<i>1953</i>														
M. D. totale.....	24	16	45	49	59	40	50	26	57				363	0,57
Morts en transport.	4	2	3	2	3	1	3	2	0				20	0,03
Morts en stockage.	0	1	0	3	0	1	3	0	2				10	0,02
Total abattu.....	6 175	6 089	7 770	7 265	7 882	7 762	7 806	6 108	7 529				64 426	

La distribution de 1 g de caséine iodée par jour pendant les 14 jours précédant l'abattage donne de bons résultats sur la musculature et on n'observe pas de cas de dégénérescence musculaire totale. Parallèlement, la distribution de 0,5 g de méthylthiouracile par jour pendant les 10 jours précédant l'abattage reproduit les lésions caractéristiques de la dégénérescence musculaire.

La distribution de caséine iodée pendant une période de 2 semaines, 1 mois et demi avant l'abattage, provoque des lésions caractéristiques. La distribution de méthylthiouracile pendant une période analogue produit des viandes saines. L'auteur interprète ainsi ces résultats :

— La distribution de caséine iodée juste avant l'abattage supplée à la défaillance de la thyroïde et permet l'obtention d'une viande saine.

— L'utilisation du méthylthiouracile avant l'abattage bloque la fonction thyroïdienne et on obtient des animaux atteints de dégénérescence musculaire.

— Par contre, la distribution de caséine iodée pendant une période limitée un mois et demi avant l'abattage inonde l'organisme d'hormone thyroïdienne et provoque un affaiblissement de la fonction thyroïdienne et une hyposécrétion de T S H de la part de l'hypophyse. Quand le traitement cesse, l'axe hypophysothyroïdien est en hypofonctionnement et la dégénérescence musculaire se développe.

TABLEAU 10

*Mobilisation du potassium cellulaire traduit par les variations du potassium sérique sous l'action de deux électrochocs successifs*  
D'après HENRY (1957)

Moment du prélèvement	Potassium sérique (meq/l)	Observation
Avant le 1 <sup>er</sup> électrochoc.....	4	
45 secondes après le 1 <sup>er</sup> électrochoc.....	6,5	Accroissement 2,5 meq/l
5 secondes après le 1 <sup>er</sup> électrochoc.....	3	Chute et stabilisation
15 secondes après le 1 <sup>er</sup> électrochoc.....	3	
30 secondes après le 1 <sup>er</sup> électrochoc.....	2,5	
45 secondes après le 1 <sup>er</sup> électrochoc.....	3,5	
45 secondes après le 2 <sup>e</sup> électrochoc.....	9	Accroissement 5,5 meq/l

La distribution de méthylthiouracile à la même période, en bloquant la fonction thyroïdienne provoque une importante sécrétion de T S H de la part de l'hypophyse et quand le traitement cesse, on a un axe hypophyso-thyroïdien en pleine activité, dont l'action aboutit à l'obtention d'une musculature normale. Ces hypothèses sur l'activité des glandes endocrines sont d'ailleurs confirmées par des examens histologiques et des dosages hormonaux.

COSSARD (1957) ne pense pas que les circonstances d'abattage et les traitements *ante mortem* soient les causes déterminantes de l'affection, car il observe que des porcs malmenés et fatigués, abattus dans de mauvaises conditions peuvent ne présenter aucune lésion, alors que des porcs préparés avec soin à l'abattage sont atteints de myopathie exsudative et dépigmentaire. Il pense toutefois que les conditions d'habitat, de transport, la fatigue avant l'abattage, peuvent être à l'origine d'un état d'acidose *in vivo* chez l'animal.

Après avoir repoussé la possibilité d'une origine microbienne, en se basant sur l'examen des carcasses et des ensemencements de muscle exsudatif, il envisage l'éventualité d'une origine alimentaire ; il ne semble pas, selon lui, qu'une avitami-

nose E (responsable de myopathie chez le chien, l'agneau, le veau) puisse être invoquée, non plus qu'une carence en éléments minéraux. Cet auteur incrimine plutôt l'alimentation dans son ensemble, qualitativement et quantitativement, mais les résultats expérimentaux sont trop peu nombreux pour pouvoir en tirer des conclusions définitives.

HENRY et ses collaborateurs (1955, 1957 *a* et *b*, 1958, 1959) ont réalisé une série d'expériences dont les résultats tendent à faire considérer l'apparition de la dégénérescence musculaire comme la réaction de l'organisme à des agressions diverses.

En effet, HENRY (1957 *a*) observe que le « choc » que constitue l'abattage et, en particulier, l'immobilisation par électrocution provoque dans l'organisme une série de réactions comportant surtout une mobilisation du potassium cellulaire (la majeure partie du potassium de l'organisme étant intracellulaire). Cette fuite de potassium cellulaire, qui passe dans le sang, s'observe très bien par les variations du potassium sérique sous l'action d'électrochocs successifs. Le tableau 10 montre ces variations. On peut noter que l'augmentation du potassium sérique, donc la sortie du potassium hors des cellules, est plus importante après le deuxième électrochoc qu'après le premier. Une série de « chocs » causés par le bruit, la chaleur, le froid, des excitations diverses, pourrait ainsi conduire à une hyperkaliémie très importante, donc à une fuite importante du potassium cellulaire.

LEWIS, BROWN et HECK (1962) soumettant des porcs à une stimulation électrique périodique (3 décharges toutes les 10 minutes pendant 5 heures) observent que le *stress* que constitue cette stimulation provoque une élévation de pH et une amélioration du pouvoir de rétention d'eau.

En immobilisant pendant une semaine 12 porcs dans des cages à métabolisme dans un endroit chaud et bruyant, HENRY, ROMANI, JOUBERT (1958) observent à l'abattage qu'il y a 6 porcs normaux, 2 présentant des viandes bicolores et 4 présentant une myopathie exsudative et dépigmentaire généralisée. Ceci montre au moins que la réaction à une agression se manifeste différemment selon les animaux.

Une expérience semblable montre que les animaux se révélant atteints de myopathie à l'abattage ont présenté un bilan de  $K^+$  négatif pendant leur séjour en cage. De plus, ces animaux montrent une rétention sodée au début de leur emprisonnement (HENRY, 1957 *b*).

En utilisant le bruit comme agent d'agression, HENRY et BILLON (1959) provoquent chez des porcs en cage une entérite aiguë sans qu'on puisse identifier une espèce bactérienne pathogène dans la flore intestinale montrant ainsi la sensibilité du porc aux influences extérieures.

WISMER-PEDERSEN (1957) décrit une expérience répétée 6 semaines de suite dans une fabrique de bacon danoise, Il échantillonne parmi tous les porcs amenés en chaque début de semaine, 2 groupes de 10 porcs et observe l'effet d'une distribution de nourriture sucrée combinée à un repos de 12 h sur la qualité des produits fabriqués.

Il observe que la distribution de sucre combinée avec le repos a pour conséquences un pH ultime plus bas, une couleur plus pâle et, sur les produits fabriqués, une coloration moins stable. Avant lui, MADSEN (1942) puis GIBBONS et ROSE (1950) avaient obtenu des résultats analogues, alors que CALLOW, INGRAM, HAWTHORNE (1939) ont montré que le repos seul à peu d'effet.

WISMER-PEDERSEN (1959) étudie également l'influence de divers facteurs sur

le pH des viandes, ce pH étant mesuré dans le muscle *Longissimus dorsi* 30 mm après l'abattage. Il fait les observations suivantes :

— Avant l'abattage, l'attente des porcs dans les parcs où ils sont entassés et souvent maltraités, augmente la proportion de pH inférieure à 6,2.

TABLEAU II

*Influence de l'exercice et du jeûne sur certaines caractéristiques physiques et physicochimiques du muscle de porc*  
D'après BRISKEY *et al.*, (1959 *b*)

Expérience I — Exercice seul					Expérience II — Exercice et jeûne			
Numéro du lot	I	II	III	IV	Numéro du lot	I	II	III
Classe des muscles	1 (4)	1 (2) 2(1)4(1)	1 (4)	4 (3) 3 (1)	Classe des muscles	1 (2) 2 (2)	2 (1) 3(1)4(2)	3 (2) 4 (2)
Couleur .....	36,08	35,06	37,42	32,90	Couleur .....	35,47	31,35	31,00
Myoglobine (mg/g) ...	0,94	1,01	0,81	1,18	Myoglobine (mg/g) ...	1,04	1,09	1,17
pH 40 mn <i>post mortem</i>	5,57	5,37	5,92	6,27	pH 40 mn <i>post mortem</i>	5,69	6,08	5,99
pH 24 h <i>post mortem</i> ...	5,48	5,51	5,55	5,80	pH 24 h <i>post mortem</i> ..	5,58	6,01	5,85
Na % extrait sec délipidé .....	0,317	0,312	0,375	0,452	Glycogène 40 mn <i>post mortem</i> (mg/g) .....	9,71	2,49	1,82
K % extrait sec délipidé .....	1,39	1,33	1,59	1,68	Glycogène 24 h <i>post mortem</i> (mg/g) .....	1,42	0,133	0,250
Teneur en eau (%) ...	70,34	69,53	69,71	69,64	Teneur en eau (%) ...	70,60	71,23	72,02

*Commentaires*

*Expérience I* : 4 lots de 4 porcs (même régime alimentaire)

Lot I : Témoin.

Lot II : exercice, 1 mile par jour pendant 4 jours.

Lot III : exercice, 2 à 3 miles par jour pendant 4 jours.

Lot IV : exercice, 3 miles juste avant abattage.

3 lots de 4 porcs —

*Expérience II*

Lot I : Témoin.

Lot II : nourriture abondante et exercice, 3 miles juste avant abattage.

Lot III : Jeûne de 72 h et exercice, 3 miles juste avant abattage.

Les échantillons sont pris dans le m. *gluteus medius*.

Les muscles sont classés en 4 catégories selon leur aspect :

Classe 1 : pâles

Classe 2 : bicolores

les nombres entre parenthèses indiquent le nombre de muscles classés dans la catégorie.

Classe 3 : normaux

Classe 4 : foncés

La couleur est jugée d'après l'échelle de Hunter (0 = blanc — 100 = noir).

— Selon que l'agitation dans ces parcs est nulle, moyenne ou forte, la proportion de pH inférieure à 6,2 est de 30 p. 100 inférieure à la moyenne, sensiblement égale à la moyenne ou de 30 p. 100 supérieure.

— Le nombre de traces de coups relevé sur les porcs est lié à la valeur du pH.

En effet, en effectuant des comptages des meurtrissures (considérées comme des traces de coups reçus) et égratignures (considérées comme résultant de batailles entre porcs) il observe que :

Chez les porcs n'ayant ni égratignures, ni meurtrissures, le nombre de pH inférieurs à 6,2 est de 10 p. 100 inférieur à la moyenne.

TABLEAU 12  
Influence de l'exercice et de l'alimentation sucrée sur certaines propriétés  
physiques et physicochimiques du muscle de porc  
D'après BRISKEY et al., (1959 c)

Numéro du lot	I	II	III	IV
Classification du muscle :	1 (1) 2 (2) 4 (1) 3 (4)	4 (8)	1 (4) 2 (3) 3 (1)	1 (1) 2 (2) 4 (1) 3 (4)
Myoglobine sur muscle frais (mg/g) .....	1,19	1,05	1,11	1,09
Myoglobine sur muscle après 24 h (mg/g) .....	1,14	1,00	1,08	1,01
Couleur sur muscle frais .....	30,87	31,75	31,07	33,81
Couleur sur muscle après 24 h .....	39,75	31,85	40,18	39,45
pH (2 minutes) .....	6,34	6,36	6,19	6,32
pH (40 minutes).....	6,00	6,16	5,83	6,12
pH (24 heures).....	5,50	5,89	5,32	5,48
Glycogène (2 minutes) (mg/g).....	8,16	1,97	10,99	6,17
Glycogène (24 h) mg/g).....	0,517	0,350	2,31	0,718
Eau libre (2 mn) .....	1,46	1,52	1,46	1,31
Eau libre (24 h) .....	2,66	2,22	2,68	2,28
Teneur en eau (24 h) (%) .....	73,19	72,12	73,15	73,97

Commentaires :

4 lots même ration de base. — { I : Témoin.  
II : Exercice jusqu'à épuisement avant abattage.  
III : 50 % sucre dans la ration pendant les 7 derniers jours.  
IV : Alimentation du lot III et exercice du lot II.

Les échantillons sont pris dans le m. *gluteus medius*.

La classification des muscles et la mesure de la couleur sont effectuées comme dans le tableau précédent.

L'eau libre est exprimée par le rapport :  $\frac{\text{Surface de la tache de diffusion du jus}}{\text{Surface de la viande}}$

Chez les porcs ayant à la fois des meurtrissures et des égratignures, le nombre des pH inférieurs à 6,2 est de 25 p. 100 supérieur à la moyenne.

Chez les porcs n'ayant que des meurtrissures, ce nombre est de 10 p. 100 supérieur à la moyenne et chez ceux n'ayant que des égratignures, il est légèrement supérieur à la moyenne.

Un certain nombre d'auteurs ont étudié l'influence du régime alimentaire et de l'exercice, séparément ou combinés, sur la qualité de la viande. BRISKEY et *al.*, (1959 *b*) étudient l'effet de l'exercice, pratiqué avec des intensités différentes, et du jeûne sur l'aspect et certaines propriétés physiques et chimiques d'un certain nombre de muscles de porcs.

Comme le montrent les résultats rassemblés dans le tableau 11, seule la pratique de l'exercice juste avant l'abattage a une influence sur certaines des caractéristiques mesurées ; l'exercice plus ou moins intense pratiqué pendant plusieurs jours avant l'abattage n'a pratiquement pas d'influence. L'influence de la nourriture, par rapport au jeûne, est faible, mais la pratique de l'exercice juste avant l'abattage provoque une élévation de pH et une couleur plus soutenue, bien que la teneur en myoglobine varie peu.

Les mêmes auteurs (BRISKEY et *al.*, 1959 *c*) étudient l'influence d'un régime riche en sucre et de l'exercice sur les mêmes caractères que précédemment.

Les résultats du tableau 12 montrent que :

- la pratique de l'exercice jusqu'à épuisement avant l'abattage entraîne l'obtention d'une viande sombre et sèche,
- une ration alimentaire très riche en sucre donne une viande pâle, de structure molle et d'aspect mouillé,
- la combinaison de l'exercice et de l'alimentation sucrée donne une viande assez voisine de celle des témoins,
- la couleur ne dépend pas uniquement de la teneur en myoglobine.

Ces résultats sont confirmés par les mêmes auteurs (BRISKEY et *al.*, 1960 *b*).

En dehors des influences dues à l'exercice, donc à l'activité musculaire, et de celles dues à la nourriture qui retentit sur l'importance des réserves glucidiques du muscle, le facteur race a également une répercussion sur l'apparition de l'affection. En France, par exemple, le porc *Pietrain* a la réputation d'être plus sensible que les autres races. Cette influence de la race se manifeste également dans les travaux d'auteurs étrangers.

JUDGE et *al.*, (1959) étudiant l'influence de la saison, du sexe et de la race sur la qualité de la viande, trouvent que, si le sexe semble ne pas avoir d'influence, par contre la saison et la race en ont une. C'est ainsi que, d'une part, certaines races semblent donner systématiquement une viande de moins bonne qualité et que, d'autre part, la qualité de la viande de porcs abattus pendant l'été est inférieure à celle des porcs abattus pendant des saisons plus froides. Ceci rejoint les observations de LUDVIGSEN (1954).

SAYRE, BRISKEY, HOEKSTRA (1962) signalent que le maintien pendant 1 h avant l'abattage des porcs à une température de 42° à 45° provoque une glycolyse rapide et l'obtention de viandes pâles et à structure aqueuse. Toutefois, ils notent également que certaines races (*Chester-White*) sont beaucoup moins sensibles à ce traitement, que d'autres (*Hampshire* et *Poland China*). Ils remarquent également que l'activité

de la phosphofructokinase n'est pas affectée par l'élévation de température à laquelle sont soumis les porcs, mais que, par contre, elle varie nettement avec la race.

De l'ensemble de ces résultats expérimentaux, il ressort surtout que les causes possibles de la myopathie exsudative sont multiples. Si l'on peut écarter avec quasi-certitude l'infection microbienne, il n'en reste pas moins vrai que la race, l'habitat, le climat, les traitements *ante mortem* et l'alimentation jouent un rôle dans l'apparition de la myopathie. L'alimentation peut d'ailleurs jouer un double rôle : direct et indirect par l'action qu'elle a sur l'équilibre physiologique de l'animal.

On peut cependant noter une contradiction entre certains résultats expérimentaux. En effet, nous voyons WISMER-PEDERSEN (1959) obtenir de meilleurs résultats en laissant reposer les animaux et HENRY, ROMANI, JOUBERT (1958) entre autres, produire des animaux exsudatifs en les maintenant dans un lieu bruyant et chaud et en les soumettant à des excitations multiples ; ces deux faits sont en parfait accord. Par contre, d'autres chercheurs obtiennent une viande de bonne qualité en soumettant les animaux à l'exercice et même au *stress* (BRISKEY et *al.*, 1959 *b* et *c*), (LEWIS, BROWN et HECK, 1962).

En fait, cette contradiction n'est qu'apparente : en effet, le repos améliorateur de WISMER-PEDERSEN (1959) agit surtout par l'absence d'excitation, de brutalité, c'est-à-dire des agressions que HENRY, ROMANI, JOUBERT, (1958) utilisent pour obtenir des lésions. Ces lésions peuvent être dues en grande partie aux perturbations des mouvements ioniques et, en particulier, à la fuite massive du potassium hors des cellules, qui peut affecter les membranes.

Par contre, on peut penser que l'exercice tel qu'il est pratiqué par BRISKEY et *al.*, (1959 *b* et *c*), sans excitation, constitue seulement un travail musculaire qui a pour effet de réduire le stock de glycogène du muscle et donc d'éviter une chute de pH *post mortem* trop rapide et trop importante.

## 2°) ESSAI D'INTERPRÉTATION DU MÉCANISME D'APPARITION

### *Notion de choc, d'agression. Concept de l'adaptation*

La plupart des auteurs s'intéressant au problème des viandes exsudatives considèrent que leur importance actuelle est une conséquence de l'industrialisation de la production porcine.

La production de viande de porc est devenue une course contre le temps. On recherche donc des races à croissance rapide, à indice de consommation faible, et à état d'engraissement réduit. Ces animaux sont soumis à l'action du milieu sous la forme des variations de température, de l'humidité, de l'excitation, de la fatigue. Ces facteurs sont autant de chocs ou agressions selon la définition de SELVE (1946) : « Source de tous les phénomènes généraux non spécifiques, passifs, provoqués par une exposition soudaine à des stimuli auxquels l'organisme n'est adapté ni quantitativement ni qualitativement. » Ces agressions entraînent chez l'animal une série de réactions tendant à l'adaptation aux conditions nouvelles.

La capacité « adaptive » de l'animal est l'ensemble des moyens physiologiques dont il dispose pour conserver l'intégrité de ses fonctions biologiques. Les mécanismes d'adaptation, très sensibles, sont d'origine à la fois nerveuse et endocrinienne.

On peut schématiser la réaction dite d'adaptation à une agression. Le syndrome d'adaptation comporte trois phases (DELBARRE, 1952) :

— Une phase d'alarme qui se traduit par une excitation de l'hypothalamus, lequel, par l'intermédiaire des nerfs splanchniques, provoque au niveau de la médullo-surrénale une décharge d'adrénaline, donc une vaso-constriction.

En même temps, il se produit une hémococoncentration et des perturbations de la perméabilité capillaire et cellulaire. On note, en particulier, une acidose, une hyperglycémie, suivie d'ailleurs rapidement d'une réduction du taux de glucose sanguin.

Les réserves de glycogène du foie et du muscle chutent pendant que la lactacidémie et la pyruvicémie s'élèvent. L'hyperkaliémie, ainsi que l'augmentation des polypeptides et acides animés dans le sang, sont probablement le reflet d'une destruction cellulaire.

Alors que les teneurs en Cl et Na du sang baissent, les tissus s'enrichissent en ces mêmes éléments.

— Une phase de résistance, caractérisée par une sécrétion intense de corticostimuline hypophysaire, entraînant une activité intense des corticosurrénales dont l'activité peut être suivie par le dosage des 17 cétocorticostéroïdes d'origine non gonadique dosés dans les urines de 24 heures (LUDVIGSEN, 1957), (HENRY, ROMANI, JOUBERT, 1958). Ceci provoque une synthèse importante des glucocorticoïdes. Ces derniers agissent alors :

- sur les éléments figurés du sang par élévation du nombre des hématies,
- sur les tissus lymphopoïétiques, en libérant des anticorps et en stimulant le tissu réticuloendothélial,
- par une élévation de la teneur du sang en acides aminés, en polypeptides et en ions K<sup>+</sup>.

Cette phase peut être suivie d'un retour à la normale, en cas d'issue heureuse, ou par contre d'une phase d'épuisement.

— Phase d'épuisement :

La température s'abaisse en dessous de la normale, fortement perturbée. L'hyperkaliémie est toujours très importante et accompagnée d'une hyponatrémie. La réserve alcaline est réduite. Cette phase précède la mort à plus ou moins longue échéance.

### *Interprétations*

LUDVIGSEN (1955 *c*) considère la dégénérescence musculaire comme le reflet de la réaction d'alarme à une agression.

Il pense que la sélection en vue d'obtenir des animaux à croissance rapide et à faible indice de consommation entraîne la sélection d'animaux présentant un déséquilibre entre hormones anabolisantes et catabolisantes, les premières devenant prépondérantes. Ceci provoquerait un hypofonctionnement des axes hypophyso-thyroïdien et hypophysosurrénalien entraînant une capacité adaptative moindre de la part de l'organisme. Ceci s'appuie, en plus des résultats expérimentaux déjà vus, sur des observations concernant une activité réduite de la thyroïde chez les porcs danois par rapport aux porcs argentins et américains. D'autre part, une surrénalectomie donnerait des symptômes se rapprochant de ceux de la dégénérescence musculaire. Cet hypofonctionnement thyroïdosurrénalien provoquerait un abaissement du métabolisme basal, entraînant une réduction des processus consommant

de l'ATP., d'où une synthèse accrue du glycogène et une augmentation subséquente de la formation d'acide lactique, ce qui pourrait entraîner une acidose.

HENRY et ses collaborateurs (1955, 1957 *a* et *b*, 1958, 1959) considèrent la myopathie exsudative et dépigmentaire comme une maladie de l'adaptation, rejoignant en cela LUDVIGSEN. La mobilisation du potassium cellulaire, se traduisant par une forte hyperkaliémie, pourrait entraîner une acidose *in vivo* due au remplacement possible des ions  $K^+$  par des ions  $H^+$ .

COSSARD (1957) ayant remarqué que 80 p. 100 des carcasses de porcs saisies pour myopathie exsudative proviennent d'animaux ayant pour principale source alimentaire des sous-produits de laiterie, pense que l'acidité musculaire est le fait de l'acidité alimentaire : celle-ci, contenue jusqu'à un certain seuil par les systèmes tampons de l'organisme, peut les submerger et créer ainsi un état d'acidose *in vivo*. De plus, il fait appel à une insuffisance possible du système hypophysosurrénalien qui est le régulateur du métabolisme de l'eau, dans le cas d'une alimentation à base de sous-produits de laiterie, alimentation excessivement aqueuse. Toutefois, il ne faut pas oublier qu'une alimentation à base de sous-produits de laiterie est souvent déséquilibrée, la qualité des sérums étant très variable.

WISMER-PEDERSEN (1959), s'appuyant sur les remarques de LUDVIGSEN (1954) concernant une insuffisance thyroïdienne, donne l'explication suivante : en été, la teneur du sang en thyroxine est faible en raison de l'hypofonctionnement thyroïdien. Or, la régulation de la consommation d'oxygène par les cellules peut être sous le contrôle de la thyroxine (CORI, 1956). Une faible concentration de thyroxine dans le sang peut entraîner une baisse de la consommation d'oxygène par les cellules ; dans ce cas, une demande d'énergie par les cellules d'un animal soumis à une agression peut inverser la métabolisme vers l'anaérobiose si l'oxygène manque. Ceci peut conduire à un pH bas après la mort.

Toutefois, le seul phénomène biochimique bien connu se déroulant dans les muscles exsudatifs est la chute de pH très rapide après la mort, ce qui traduit une glycolyse anaérobiose très rapide. Ce phénomène se produit d'ailleurs avec une intensité variable, mais en relation avec le caractère exsudatif (BRISKEY, WISMER-PEDERSEN, 1961 *a*). On peut voir là une manifestation de l'influence du potassium sur le métabolisme glucidique (NIEDERMEIER et CARMICHAEL, 1960), ce qui le relie aux théories précédentes. Ce phénomène peut aussi être dû, comme nous l'avons déjà vu, à un fonctionnement anormal d'une ou plusieurs des enzymes de la chaîne glycolytique anaérobiose, ou à un état plus labile du glycogène qui pourrait ainsi être dégradé plus facilement (SAYRE, BRISKEY, HOEKSTRA, 1963).

Ces divers essais d'explication du mécanisme d'apparition de la myopathie exsudative et dépigmentaire font appel, pour une part relative, plus ou moins importante, à des mécanismes endocriniens, enzymatiques et à des caractères de race qui ne sont d'ailleurs pas sans liaison entre eux.

En fait, l'alimentation du porc est souvent constituée presque exclusivement d'une alimentation uniforme, surtout dans les élevages industriels récemment développés. Ce phénomène coïncide d'ailleurs, non pas avec l'apparition de l'affection, qui existe probablement depuis fort longtemps, mais avec l'augmentation du nombre de cas.

Comme l'élevage du porc est devenu une lutte contre le temps et que l'on cherche donc à avoir des animaux produisant le maximum pendant un temps minimum, il

est possible que l'on soit parvenu à déplacer chez cet animal un certain nombre d'équilibres hormonaux réduisant la résistance de l'animal aux conditions extérieures. Le porc ainsi obtenu serait un animal chez qui les fonctions productives seraient exaltées au détriment des fonctions de défense. Cet animal serait alors sensibilisé à tous les phénomènes extérieurs qui pourraient provoquer chez lui un certain nombre de réactions se traduisant *post mortem* par la décoloration et le caractère exsudatif, mais en se manifestant *in vivo* par un certain nombre de signes, tels que acidose, métabolisme, anaérobie, fuite de potassium, lésion des membranes cellulaires et augmentation de leur perméabilité, glycolyse anaérobie très rapide, perturbations enzymatiques et endocriniennes, etc.

#### V. — REMÈDES DANS L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES

Trouver un remède signifie, non seulement supprimer l'affection et ses effets, mais encore conserver au porc une vitesse de croissance suffisante et un indice de consommation assez faible. Les remèdes peuvent donc être de deux sortes :

— remèdes applicables sur l'animal *in vivo*, soit par l'alimentation, la sélection ou les traitements *ante mortem*,

— remèdes consistant en des procédés technologiques permettant la suppression des différences entre viandes exsudatives et normales, tant au point de vue du rendement qu'à celui de la consommation.

Dans l'état actuel des travaux effectués sur ce problème et devant notre connaissance imparfaite des causes profondes de l'affection, on ne peut pas proposer de remède absolu ; tout au plus peut-on édicter un certain nombre de règles basées sur l'élimination des facteurs dont on sait qu'ils sont néfastes.

Dans le cadre des remèdes applicables *in vivo*, on peut difficilement penser à l'utilisation de la technique de LUDVIGSEN (1955 *a*) à la caséine iodée en raison de l'augmentation de l'indice de consommation (qui passe à 8) et de la chute de la vitesse de croissance (qui tombe à 100—200 g par jour) pendant le traitement. Les meilleurs résultats obtenus par cet auteur semblent être dus à l'élevage en plein air.

WISMER-PEDERSEN (1957) obtient de bons résultats en laissant reposer les porcs une douzaine d'heures avant l'abattage.

BRISKEY et *al.*, (1959 *b* et *c*) observent une amélioration par la pratique de l'exercice sans excitation.

Il semble donc que les règles applicables *in vivo* sont les suivantes :

*A la production :*

- varier l'alimentation autant que possible,
- utiliser l'élevage en plein air au maximum,

*Avant et lors de l'abattage :*

— éviter la fatigue, les brutalités, l'excitation, le séjour à une température élevée pendant le transport et avant l'abattage,

— en cas de transport assez long, faire reposer les animaux au calme pendant 12 heures avant l'abattage,

— pratique d'un exercice musculaire modéré avant l'abattage, mais sans excitation.

En ce qui concerne les procédés technologiques d'amélioration des viandes exsudatives, les meilleurs résultats semblent être obtenus par une réfrigération rapide des carcasses après l'abattage (WISMER-PEDERSEN, BRISKEY, 1961 *b*), mais il faudrait être sûr que, dans ce cas, le caractère exsudatif ne réapparaît pas dès que la viande est ramenée à la température ambiante. On peut aussi envisager l'adjonction à la viande de certains sels minéraux comme les polyphosphates (SHERMAN, 1961).

### CONCLUSION

Les viandes exsudatives se caractérisent par une consistance lâche, une absence de cohésion entre les faisceaux, une décoloration plus ou moins accentuée, un pH bas et surtout une chute de pH très rapide après l'abattage, ainsi qu'un faible pouvoir de rétention d'eau qui leur donne leur aspect de viandes mouillées.

L'étude des phénomènes qui ont lieu dans le muscle exsudatif après la mort montre qu'il se produit une glycolyse anaérobie très rapide par rapport au muscle normal, glycolyse qui amène le muscle à un pH bas alors que sa température est encore élevée. La plupart des auteurs sont d'accord pour estimer que cette conjonction pH bas — température élevée agit sur les protéines musculaires, en particulier sur les protéines sarcoplasmiques, et est ainsi à l'origine des manifestations extérieures de l'affection observées sur les carcasses. D'autre part, on a pu mettre en évidence un certain nombre de faits qui semblent liés à la formation plus rapide d'acide lactique et à son accumulation dans le muscle. C'est ainsi que, d'une part, il a été montré que l'activité de la lacticodéshydrogénase est plus faible dans les muscles exsudatifs et que, d'autre part, la teneur plus faible en myoglobine et en cytochrome C dans ces mêmes muscles laisse prévoir un fonctionnement perturbé de la chaîne respiratoire. Or, ces deux phénomènes sont favorables à une chute rapide du pH musculaire.

Cependant, le mécanisme d'apparition du phénomène n'est pas complètement élucidé. Certains auteurs attribuent le déclenchement de l'affection à un *stress* subi par les animaux, par ailleurs sensibilisés par un dérèglement hormonal.

Ce dérèglement hormonal serait dû à la sélection répétée d'animaux précoces, à vitesse de croissance élevée et à engraissement réduit ; en sélectionnant de telles souches, on sélectionnerait en même temps des animaux pourvus d'un déséquilibre hormonal.

D'autres auteurs pensent que cette sélection aurait entraîné la sélection d'individus à potentiel glycolytique élevé, par un accroissement de la teneur ou de l'activité des enzymes intervenant dans la glycogénolyse musculaire. Ce pouvoir glycolytique élevé serait à l'origine de la chute de pH rapide ; cette hypothèse n'est d'ailleurs pas opposée à la précédente, car un dérèglement hormonal touchant les surrénales aurait également une action sur le métabolisme glucidique.

Il semble donc que cette affection soit la résultante de facteurs héréditaires (sélection de races à vitesse de croissance élevée, à faible indice de consommation et fournissant des animaux maigres) et de facteurs d'élevage (industrialisation de

la production et des modes d'abattage) entraînant des déséquilibres hormonaux et enzymatiques troublant le métabolisme musculaire.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible d'avancer un remède parfait ; on peut seulement conseiller une série de précautions concernant la production, le transport et l'abattage de ces animaux et proposer d'approfondir l'étude des possibilités d'amélioration *post-mortem*.

*Reçu pour publication en octobre 1963*

## SUMMARY

### EXUDATIVE MEATS - BIBLIOGRAPHICAL REVIEW

#### *Introduction*

#### I. — *Characteristics of so-called « normal » muscle in the pig*

- Consistency
- Water retention
- Coloration
- pH
- Histology
- Technological qualities

#### II — *Characteristics of the exudative state*

- 1) *Physical and physicochemical properties*
  - Consistency
  - Water retention
    - Techniques calling for centrifugation
    - Techniques calling for compression
  - Coloration
    - Visual estimation
    - Estimation by determining the amount of pigment
    - Estimation by reflectometry
  - pH
  - Relationships between pH, water retention power, and colour of the meats
  - Temperature
  - Histology
- 2) *Chemical composition*
- 3) *Technological consequences*

#### III. — *Phenomena produced in the muscle in the 24 hours after death*

- 1) *Normal muscle*
- 2) *Exudative muscle*

#### IV. — *Explanation of the phenomenon*

- 1) *Experimental observations : plurality of external causes*
- 2) *Attempt at interpreting the mechanism :*
  - Idea of shock, aggression ; concept of adaptation
  - Interpretations

#### V. — *Known remedies at the present state of the art*

#### *Conclusion*

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATE-SMITH E. C., 1948. The physiology and chemistry of *rigor mortis* with special reference to the ageing of beef. *Adv. in Food Res.*, **1**, 1-38.
- BATE-SMITH E. C., BENDALL J. R., 1949. Factors determining the time course of *rigor mortis*. *J. Physiol.*, **110**, 47-65.
- BENDALL J. R., DAVEY C. L., 1957. Ammonia liberation during *rigor mortis* and its relation to changes in the adenine and inosine nucleotides of rabbit muscles. *Bioch. Biophys. Acta*, **26**, 93-97.
- BENDALL J. R., HALLUND O., WISMER-PEDERSEN J., 1962. A study of the *post mortem* pH changes in the muscles of Danish Landrace Pigs, in relation to the occurrence of watery pork. *Eight Meeting of Meat Research Institutes. Moscou*.
- BENDALL J. R., WISMER-PEDERSEN J., 1962. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.*, **27**, 144-158.
- BOURRIER T., 1897. *Les Industries des Abattoirs*, p. 255. Baillière, Paris.
- BRISKEY E. J., BRAY R. W., HOEKSTRA W. G., PHILLIPS P. H., GRUMMER R. H., 1959 a. The chemical and physical characteristics of various pork ham muscle classes. *J. Anim. Sci.*, **18**, 146-152.
- BRISKEY E. J., BRAY R. W., HOEKSTRA W. G., GRUMMER R. H., PHILLIPS P. H., 1959 b. The effect various level of exercise in altering the chemical and physical characteristics of certain pork ham muscles. *J. Anim. Sci.*, **18**, 153-157.
- BRISKEY E. J., BRAY R. W., HOEKSTRA W. G., PHILLIPS P. H., GRUMMER R. H., 1959 c. The effect of exhaustive exercise and high sucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. *J. Anim. Sci.*, **18**, 173-177.
- BRISKEY E. J., HOEKSTRA W. G., BRAY R. W., GRUMMER R. H., 1960 a. A comparison of certain physical and chemical characteristics of eight pork muscles. *J. Anim. Sci.*, **19**, 214-225.
- BRISKEY E. J., BRAY R. W., HOEKSTRA W. G., PHILLIPS P. H., GRUMMER R. H., 1960 b. Effect of high protein, high fat and high sucrose rations on the water binding and associated properties of pork muscle. *J. Anim. Sci.*, **19**, 404-411.
- BRISKEY E. J., WISMER-PEDERSEN J., 1961 a. Biochemistry of Pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change versus the apparent structure of muscle tissue. *J. Food Sci.*, **26**, 297-305.
- BRISKEY E. J., WISMER-PEDERSEN J., 1961 b. Biochemistry of Pork muscle structure. II. Preliminary observations of biopsy samples versus ultimate muscle structure. *J. Food Sci.*, **26**, 306-313.
- CALLOW E. H., 1936. The ultimate pH of muscular tissue. *Ann. Rept. Food. invest. Bd. London*, 48-51.
- CALLOW E. H., INGRAM M. I., HAWTHORNE J. R., 1939. The effect of resting pigs before slaughter. *Ann. Rept. Food. invest. Bd. London*, 29-33.
- CASSENS R. G., BRISKEY E. J., HOEKSTRA W. G., 1963 a. Electron microscopy of *post mortem* changes in porcine muscle. *Nature*, **197**, 1119-1120.
- CASSENS R. G., BRISKEY E. J., HOEKSTRA W. G., 1963 b. Electron microscopic observation of a dense, irregularly banded material occurring in some porcine muscle fibres. *Nature*, **198**, 1004-1005.
- CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., 1963 a. Contribution à l'étude de quelques caractéristiques biochimiques du muscle de porc normal et exsudatif. *IXth Conference of European Meat Research Workers, Budapest*.
- CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., 1963 b. Comportement électrophorétique des protéines sarcoplasmiques du muscle de porc normal et exsudatif. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* (sous presse).
- CLAUSEN H., THOMSEN R. N., 1959. Revue des recherches semblables sur les porcs (Danois). *296 Beretning Fra Forsogslaboratoriet. Kobenhavn.*, p. 44.
- CORI G. I., 1956. Problems in cellular biochemistry in *Current, in Biochemical Research*, 198-214. Interscience. New York.
- COSSARD J., 1957. La myopathie exsudative et dépigmentaire du Porc. 62 p. *Thèse Doct. Vétérinaire*. Paris.
- DAHL O., 1962. Amino acid composition of normal and degenerated pig muscle. *J. Food Sci.*, **27**, 5-8.
- DELBARRE F., 1952. In Polonowski M. *Pathologie Chimique*. Tome I. 377-384. Masson, Paris.
- DRIEUX H., 1944. Le pH des viandes : sa mesure, ses indications. *Encycl. Vét.*, **1**, 447.
- DUMONT B. L., 1960. (*Communication personnelle*).
- FEWSON D., KIRSAMMER R., 1960. Untersuchungen zur Ermittlung der Fleischqualität. *Zeitsch. Tierphys. Tierernäh. Futtermüll.*, **15**, 46-61.
- GIBBONS N. E., ROSE D., 1950. Effect of *ante mortem* treatments of pigs on the quality of wiltshire bacon. *Can. J. Research. Sect. F.*, **28**, 438.
- GOUTEFONGEA R., 1960. Description d'un nouvel appareil pour mesurer le pouvoir de rétention d'eau de la viande. *Sixth Meet. Meat Res. Instit. Utrecht*.
- GOUTEFONGEA R., 1963. Comparaison de différentes méthodes de mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. Laison avec le pH. *Ann. Zootech.*, **12**, 125-132.

- GRAU R., HAMM R., 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Fleischwirtschaft*, **4**, 295.
- GRAU R., HAMM R., 1953. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften*, **40**, 29-30.
- GRAU R., HAMM R., 1954. Brühwurstqualität und Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Fleischwirtschaft*, **6**, 36-39.
- GRAU R., HAMM R., 1956. Die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mittel der Press Methode. *Fleischwirtschaft*, **8**, 733-736.
- HAMM R., 1953. Die Wasserbindung des Fleisches und ihre wirtschaftliche Bedeutung. *Fleischwirtschaft*, **5**, 102.
- HENRY M., BILLON J., HAOUZA G., 1955. Contribution à l'étude de l'acidose des viandes de porc dites exsudatives : lésions macroscopiques, microscopiques et biochimiques. *Rev. Path. Gén. Comp.*, **669**, 857.
- HENRY M., 1957 a. Mobilisation du potassium cellulaire chez le porc et qualités charcutières de la viande. *Third Meeting of Meat Research Institutes, Roskilde*.
- HENRY M., 1957 b. Sur l'absorption et l'excrétion du potassium et du sodium chez le porc. *C. R. Soc. Biol.*, **151**, 1682.
- HENRY M., ROMANI J. D., JOUBERT L., 1958. La myopathie exsudative et dépigmentaire du Porc. Maladie de l'adaptation. Essai pathogénique et conséquences pratiques. *Rev. Path. Gén. Phys. Clin.*, **696**, 355-395.
- HENRY M., BILLON J., 1959. Nouvelles observations sur l'influence des agressions non spécifiques sur la qualité de la viande de porc. *Fifth Meet. Meat Res. Institut., Paris*.
- HENRY M., BERNARD C., 1960. Sur la teneur en cytochrome C des muscles de porcs normaux et myopathiques. *C. R. Acad. Agric. France*, **46**, 638-642.
- HENRY W. E., BRATZLER L. J., 1960. Effect of mineral supplementation on pork muscle color as measured by spectrophotometry and disk colorimetry. *J. anim. Sci.*, **19**, 1195-1203.
- HORNSEY H. C., 1961. Some observations on the oxygen absorption of pork muscle. *Seventh Meet. Meat Res. Institut., Varsovie*.
- JACQUOT R., LEROY A. M., SIMONNET H., LEBARS H., 1960. *Nutrition Animale, Vol. II, T. I.*, 508-628, Baillière et fils, Paris.
- JUDGE M. D., CAHILL V. R., KUNKLE L. E., BRUNER W. H., 1959. Pork quality. I. Influence of some factors on pork muscle characteristics. *J. anim. Sci.*, **18**, 448-452.
- KRZYWICKI K., WISMER-PEDERSEN J., 1962. Some properties of sarcoplasmic proteins of normal and watery pork muscle. *Eighth Meeting Meat Res. Institut., Moscou*.
- LAWRIE R. A., 1950. Some observations on factors affecting the myoglobin concentration in muscle. *J. Agric. Sci.*, **40**, 356-366.
- LAWRIE R. A., GATHERUM D. P., HAILE H. P., 1958. Abnormally low ultimate pH in pigs muscle. *Nature*, **182**, 807-808.
- LAWRIE R. A., 1960. *Post mortem* glycolysis in normal and exsudative *longissimus dorsi* muscles of the pig in relation to so-called white muscle disease. *J. Comp. Pathol. Therap.*, **70**, 273-295.
- LAWRIE R. A., GATHERUM D. P., 1961. Observations on so-called « white muscle disease » in relation to analytical differences between pig muscles. *Seventh Meet. Meat Res. Institut., Varsovie*.
- LAWRIE R. A., GATHERUM D. P., 1962. Studies on the muscles of meat animals. II. Differences in the ultimate pH and pigmentation of *longissimus dorsi* muscles from two breeds of pigs. *J. Agric. Sci.*, **58**, 97-102.
- LEWIS P. K., BROWN C. J., HECK M. C., 1962. Effect of stress prior to slaughter on the chemical composition of raw and cooked Pork. *J. Food. Sci.*, **27**, 407-410.
- LUDVIGSEN J., 1954. Investigations on what is called « Muscular degeneration » in hogs. *272 Beretning fra Forsrslaboratoriet, Kobenhavn*.
- LUDVIGSEN J., 1955 a. Étude sur la dégénérescence musculaire des porcs. II. Effets de la caséine iodée et du méthylthiouracile sur le métabolisme, la musculature et la thyroïde (Danois). *278 Beretning fra Forsøgs-laboratoriet, Kobenhavn*.
- LUDVIGSEN J., 1955 b. Étude sur la dégénérescence musculaire des porcs. III. Effets de la caséine iodée, de la thyroxine et de la diiodohistidine sur la croissance du porc, l'utilisation des aliments, la musculature, la thyroïde et les qualités charcutières de la viande. (Danois). *279 Beretning fra Forsøgs-laboriet, Kobenhavn*.
- LUDVIGSEN J., 1955 c. Étude sur la dégénérescence musculaire des porcs. IV. Pathogénie. (Danois). *284 Beretning fra Forsøgs-laboratoriet, Kobenhavn*.
- MADSEN J., 1942. Étude de l'influence de l'alimentation sur la qualité des carcasses de Porc. (Danois). *11 Beretning fra Landbohøjskolens Slagterilab., Kobenhavn*.
- McLOUGHLIN J. V., 1963. The effect of rapid *post mortem* pH fall on the extraction of the sarcoplasmic and myofibrillar proteins of pig muscle. *IXth Conférence of European Meat Research Workers, Budapest*.
- McLOUGHLIN J. V., GOLDSPIK G., 1963 a. *Post mortem* changes in the colour of Pig *longissimus dorsi* muscle. *Nature*, **198**, 584-585.
- McLOUGHLIN J. V., GOLDSPIK G., 1963 b. Studies on pig muscle. I. Exsudative pig muscle. Irish. *J. Agric. Res.*, **2**, 37-35.
- MESLE L., CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., DUMONT B. L., 1960. Note sur la variation des caractéristiques physicochimiques de la musculature du membre postérieur du porc. *Sixth Meeting Meat Res. Institut., Utrecht*.

- NIEDERMEIER W., CARMICHAEL E. B., 1960. Action of desoxycorticosterone acetate on glycogene. I. Relationship of liver glycogen formation to potassium metabolism. *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, **104**, 779-782.
- NINIVAARA F. P., POHJA M. S., 1954. Zur Theorie der Wasserbindung des Fleisches. *Fleischwirtschaft*, **6**, 192-193.
- OTTO E., 1962. Die Messung der Farbe von frischem Fleisch und die Auswertungsmöglichkeiten. *Eighth Meet. Meat Res. Instit., Moscow*.
- SAYRE R. N., BRISKEY E. J., HOESKTRA W. G., 1962. Effect of diet and high environmental temperature on glycolysis and *rigor mortis* in pork muscle. *J. anim. Sci.*, **21**, 985.
- SAYRE R. N., BRISKEY E. J., HOESKTRA W. G., 1963. Porcine muscle glycogen structure and its association with other muscles properties. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **112**, 223-225.
- SCAIFFE J. F., 1955. Variation of ultimate pH within pig muscles. *J. Sci. Food. Agric.*, **6**, 467-467.
- SCHÖN L., SCHEPER J., 1960. Merkmale der Beschaffenheit von Schweine — Kalb —, und Rindfleisch und ihre Beziehungen zueinander unter dem Gesichtspunkt verschiedener Vermarktungsformen. *Zuchtungskunde*, **32**, 488-499.
- SCHÖN L., STOSIEK M., 1958. Untersuchungen zum Safthaltungsvermögen im Muskelfleisch von Rindern. *Fleischwirtschaft*, **11**, 769-770.
- SCHAPIRA G., DREYFUS J. C., 1952. In Polonowski M., *Pathologie chimique*, tome II, 1411-1439, Masson, Paris.
- SELYE H., 1946. Le syndrome général d'adaptation. *Ann. Endocr.*, **7**, 289.
- SWIFT C. E., BERMAN M. D., 1959. Factors affecting the water retention of Beef. *Food Technol.*, **13**, 365-370.
- SHERMAN P., 1961. The water binding capacity of fresh pork. *Food Technol.*, **15**, 79-87.
- SZENT-GYORGI A., 1951. *Chemistry of muscular contraction*. 72-86. 2nd édition, Academic Press, New York.
- URBIN M. C., ZESSIN D. A., WILSON G. D., 1962. Observations on a method of determining the water binding properties of meat. *J. Anim. Sci.*, **21**, 9-13.
- WIERBICKI E., KUNKLE L. E., DEATHERAGE F. E., 1957. Changes in the water holding capacity and cationic shifts during the heating and freezing and thawing of meat revealed by a simple centrifugal method for measuring shrinkage. *Food Technol.*, **11**, 69-73.
- WIERBICKI E., DEATHERAGE F. E., 1958. Determination of water holding capacity of fresh meat. *J. Agric. Food Chem.*, **6**, 387-392.
- WHITAKER J. R., 1959. Chemical changes associated with aging of meat with emphasis on the proteins. *Adv. in Food Res.*, **9**, 1-60.
- WISMER-PEDERSEN 1957. Some observations on the quality of cured bacon in relation to *ante mortem* treatment. *Third Meet. Meat Res. Instit., Roskilde*.
- WISMER-PEDERSEN J., 1959. Quality of Pork in relation to rate of pH change *post mortem*. *Food Res.*, **24**, 711-727.
- WISMER-PEDERSEN J., 1960 a. Effect of cure on Pork with watery structure. I. Binding of salt and water to the meat. *Food Res.*, **25**, 789-798.
- WISMER-PEDERSEN J., 1960 b. Effect of cure on Pork with watery structure. II. Effect on quality of canned ham. *Food Res.*, **25**, 799-801.
- WISMER-PEDERSEN J., 1963. Neuere Fortschritte in der Interpretation der Qualität von Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft*, **15**, 409-415.
- WISMER-PEDERSEN J., BRISKEY E. J., 1961 a. Rate of anaerobic glycolysis versus structure in Pork muscle. *Nature*, **189**, 318-320.
- WISMER-PEDERSEN J., BRISKEY E. J., 1961 a. Relationship of *post mortem* acidity and temperature. *Food Technol.*, **15**, 232-236.