

# Le collagène soluble pour prédire le rendement technologique

**Les français sont friands de jambon de qualité supérieure. Sa vente en libre service impose un excellent comportement au tranchage. Le tissu conjonctif joue un rôle essentiel dans la cohésion des micro-fibres,**

**surtout par son composant fibrillaire majeur, le collagène de type I. La concentration de ce dernier dans le jus de cuisson, rapportée au poids de viande, est un bon prédicteur du rendement technologique**

D'après les statistiques établies pour l'année 1996 en France par la F.I.C. (Fédération des Industries Charcutières), sur une production totale de charcuterie-salaison de 1.125.325 tonnes, le poste jambon cuit qui représente 20,2 % est le premier en volume et en valeur marchande.

Ce produit d'appel résulte de l'association de différents acteurs économiques directs (éleveur, salaisonnier), ou indirects (abatteur, transporteur). Tous participent à un degré ou à un autre à la qualité du produit fini, le jambon de part sa prédominance en muscles blancs étant une matière première fragile. La matière première influence de façon importante la qualité attendue du jambon cuit supérieur. Ainsi le pH est associé à plus de 50% au rendement technologique.

Ce marché est soumis à la demande accrue du jambon Libre Service plus exigeante sur le comportement au tranchage du produit élaboré (Alviset et coll., 1995).

L'un des objectifs du CTSCCV est de trouver de nouveaux marqueurs de comportement technologique.

Compte tenu du rôle du tissu conjonctif dans la structure du muscle et particulièrement dans la cohésion des myofibrilles (Bonnet et Kopp, 1992), il nous est apparu intéressant d'étudier ce tissu dans le but de rechercher de nouveaux marqueurs de comportement technologique. L'évolution de son constituant fibrillaire majeur, le collagène de type I, est étudiée en fonction de paramètres zootechniques et technologiques sur des porcs femelles.

Les paramètres zootechniques étudiés sont :

- La lignée génétique : deux lignées (mâle Large White (LW) x Piétrain (P)) x (femelle LW x Landrace (LD)), (mâle P76 (lignée composée de porcs commercialisés par Pen Ar Lan)) x (femelle LW x LD) ont été retenues, en raison de leur significativité économique.

- L'âge à l'abattage : nous avons étudié deux populations de 160 jours d'âge et de 190 jours d'âge et ceci pour un poids identique pour tenir compte de la diversité des âges à l'abattage rencontrée actuellement.

- Le muscle : les deux muscles majeurs de la cuisse de porc ont été retenus pour cette étude ce sont : le long vaste (BF) et le semi-membraneux (SM).

- Le pH : deux classes de pH ont été réalisées sur SM, l'une inférieure à 5,55, l'autre supérieure à 5,70. Ces 2 classes suffisamment fréquentes dans les populations pour ne pas poser de problèmes de prélèvement.

Les paramètres technologiques étudiés sont :

- Le taux de sel : deux teneurs ont été utilisées 1.5 et 2.5 %.

- Deux vitesses de montée en température ont été pratiquées (0,16 °C/min et 0,55 °C/min).

- Deux valeurs pasteurisatrices (VP) ont été réalisées  $Vp^{10}_{70}$  50 et  $Vp^{10}_{70}$  100.

- Les cuissons ont été effectuées sur des muscles débarrassés ou non de leur épimysium.

Le choix du marqueur a été réalisé dans un souci de faisabilité ultérieure en milieu industriel. Le marqueur doit être d'évaluation facile. Le collagène soluble de type I a été évalué dans le jus de cuisson après refroidissement du jambon.



## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Caractéristiques zootechniques des porcs utilisés

Les différentes caractéristiques zootechniques des porcs femelles utilisés pour la production des jambons sont représentées tableau 1.

Tableau 1 :  
**CARACTÉRISTIQUES ZOOTECHNIQUES DES PORCS FEMELLES UTILISÉS POUR LES JAMBONS**

	type génétique mâle			âge en jour			pH		
	LWxP	P76	p	160	190	p	<5.5	>5.7	p
Poids de carcasse ± ES	84,42 ± 3,63	85,16 ± 4,10	NS	84,81 ± 3,03	84,77 ± 4,59	NS	84,92 ± 3,54	84,66 ± 4,21	NS
Pourcentage de muscle de la carcasse ± ES	58,34 ± 2,05	57,84 ± 1,97	NS	57,44 ± 1,82	58,74 ± 2,00	*	58,36 ± 1,80	57,82 ± 2,19	NS
pH après abattage ± ES	5,65 ± 0,27	5,69 ± 0,24	NS	5,67 ± 0,29	5,67 ± 0,21	NS	5,46 ± 0,04	5,87 ± 0,20	***

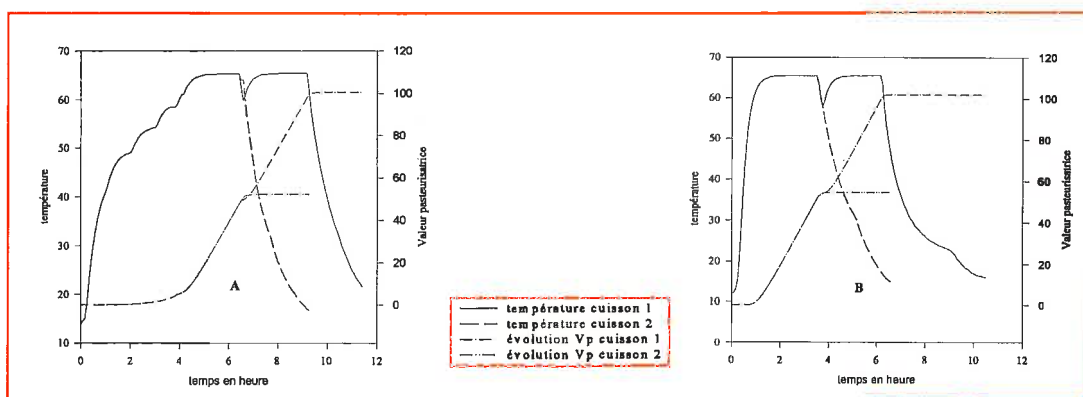
Information obtenue à l'abattage pour deux lignées génétiques (femelle LW x LD) x (mâle LW x P), (femelle LW x LD) x (mâle P76) en fonction de la lignée génétique, de l'âge et du pH (ES : erreur standard) (\* :  $p < 5\%$  ; \*\*\* :  $p < 0,01\%$ ).

### Protocole de fabrication des micro jambons

Les muscles congelés deux jours après l'abattage à  $-20^{\circ}\text{C}$  individuellement, sont décongelés pendant 24 heures à  $8^{\circ}\text{C}$ . Ces muscles sont ensuite découpés en cubes de 80g. Une saumure constituée d'eau, de sel nitré, de sucre et d'isoascorbate de Na est réalisée. Deux taux de sel nitré (sel nitré sodique, salinor, Compagnie des Salines du Midi et des Salines de l'Est) sont utilisés pour obtenir en final dans le produit 1,5 ou 2,5 % de sel. Le taux d'injection de saumure est de 10 % par rapport au poids de viande. La durée du malaxage est de 10 heures à raison de 20 min de rotation à 8tr/min et 40 min de repos. La température de malaxage est de  $8^{\circ}\text{C}$ . Le malaxage est effectué sous vide partiel en sachet pour un poids de viande de 1 kg et de saumure de 0,11 kg. Cette mise en sachet sous vide partiel nous permet d'effectuer un grand nombre de malaxages dans les mêmes conditions de traitements mécanique et thermique. Le contenu de chaque sachet de 1,1 kg est conditionné dans deux barquettes Dynopack de  $500 \pm 10$  g (viande + saumure) mis en sachet sous vide.

Lors de la cuisson, deux vitesses de montée en température sont effectuées ainsi que deux valeurs pasteurisatrices pour chaque vitesse ; elles sont représentées sur la figure 1.

Figure 1 :  
**DEUX VITESSES DE MONTÉE EN TEMPÉRATURE ET DEUX VALEURS PASTEURISATRICES PAR VITESSE**



Évolution des températures à cœur et des valeurs pasteurisatrices lors de la cuisson des jambons.

A : montée en température lente,  
cuisson 1  $Vp_{70}^{10} = 100$   
cuisson 2  $Vp_{70}^{10} = 50$

B : montée en température rapide,  
cuisson 1  $Vp_{70}^{10} = 100$   
cuisson 2  $Vp_{70}^{10} = 50$

### Plan factoriel

Un plan factoriel de résolution IV, faisant intervenir huit facteurs, a été mis en oeuvre. Ce plan de résolution IV permet d'étudier les effets des huit facteurs et les interactions deux à deux de quatre d'entre eux. La randomisation de ce plan a été réalisée en tenant compte d'un facteur bloc cuisson à 2 niveaux définie par le facteur vitesse de montée en température. Les résultats de ce plan ont été traités par analyse multivariée à l'aide du logiciel SAS. L'ensemble des manipulations a été réalisé en deux blocs liés à la différence de montée en température lors de la cuisson.

### Dosage mis en oeuvre

Après refroidissement, le jus de cuisson est prélevé pour réaliser le dosage. Le dosage du collagène soluble de type I a été effectué par méthode immuno enzymatique de type compétitif (Boutten et coll. (1996).



Tableau 2 (A - B - C)  
**SEULE LA PRÉSENCE OU NON D'ÉPIMYSIUM N'INFLUENCE PAS LES RENDEMENTS**

TABLEAU 2A

	lignée génétique mâle			âge en jour			muscle		
	LW*P	P76	p	160	190	p	long vaste	semi membraneux	p
rendement de malaxage	107.43 ± 1.06	107.84 ± 0.87	NS	107.66 ± 1.03	107.58 ± 0.96	NS	107.28 ± 1.05	107.99 ± 0.79	*
rendement de cuisson	82.57 ± 5.38	81.09 ± 4.69	*	82.45 ± 5.81	81.21 ± 4.18	NS	81.16 ± 4.83	82.50 ± 5.27	NS
rendement technologique	88.7 ± 5.9	87.04 ± 5.74	NS	88.78 ± 6.38	86.96 ± 5.18	*	88.66 ± 6.16	87.09 ± 5.48	*

TABLEAU 2B

	pH			sel			Epimysium		
	<5.55	>5.7	p	1.5	2.5	p	avec	sans	p
rendement de malaxage	107.64 ± 1.02	107.61 ± 0.98	NS	107.47 ± 0.92	107.77 ± 1.04	NS	107.66	107.59	NS
rendement de cuisson	78.38 ± 4.18	84.07 ± 4.92	***	79.60 ± 4.18	84.07 ± 4.18	***	82.00 ± 4.05	81.67 ± 5.97	NS
rendement technologique	84.82 ± 3.49	90.92 ± 6.15	***	85.14 ± 5.02	90.60 ± 4.77	***	88.30	87.44	NS

TABLEAU 2C

	vitesse de montée en température			valeur pasteurisatrice		
	lente	rapide	p	50	100	p
rendement de malaxage	106.97 ± 0.83	108.24 ± 0.67	**	107.71 ± 1.15	107.54	NS
rendement de cuisson	81.59 ± 5.63	82.07 ± 4.50	NS	83.81 ± 4.28	79.85	***
rendement technologique	86.91 ± 6.55	88.84 ± 4.94	*	90.26 ± 5.40	85.48	***

Évaluation du rendement de malaxage, du rendement de cuisson, du rendement technologique en fonction des huit facteurs étudiés. Les résultats sont donnés par la moyenne ± erreur standard.

La significativité de la différence est donnée par : NS = non significatif ; \* =  $p < 5\%$  ; \*\* =  $p < 0,1\%$  ;

\*\*\* =  $p < 0,01\%$ .

## HUIT FACTEURS ET TROIS RENDEMENTS : DES INFLUENCES MULTIPLES

Différents rendements ont été suivis en cours de fabrication :

rendement de malaxage = poids de viande après malaxage \*100 / viande avant malaxage (sans saumure)  
rendement de cuisson = poids de viande après cuisson \*100 / viande avant cuisson

rendement technologique = poids de viande après cuisson\*100 / viande avant malaxage (sans saumure)

Les huit facteurs étudiés sont : la lignée génétique mâle (LW\*P ; P76), l'âge à l'abattage (160 jours et 190 jours), le muscle (long vaste, semi-membraneux), le pH<sub>24</sub> (<5,55 ; >5,7), le taux de sel (1,5 ou 2,5 % de la masse totale mise en œuvre avant malaxage), la présence ou non

d'épimysium sur la viande, la vitesse de montée en température, la valeur pasteurisatrice ( $Vp^{10}_70 = 50$  et  $Vp^{10}_70 = 100$ ).

Les résultats obtenus sont représentés tableaux 2 A , B , C.

Les huit paramètres étudiés ont une influence sur l'un ou plusieurs des rendements à l'exception de la présence ou non d'épimysium.

Le rendement de malaxage est influencé par le type de muscle ( $p < 5\%$ ) et la vitesse de montée en température ( $p < 0,01\%$ ). Cette forte influence de la montée en température traduit vraisemblablement un emboîtement du facteur montée en température et du facteur malaxage.

En effet, des contraintes matérielles nous ont amenés à différer de 24 heures le niveau " vitesse lente " du

niveau " vitesse rapide " en cuisson. La viande ayant subi une montée en température lente a attendu 24 heures de plus à 0 °C avant malaxage.

Le rendement de cuisson est fortement influencé par le pH, le taux de sel et la valeur pasteurisatrice ( $p < 0,01\%$ ) et dans une moindre mesure par la lignée génétique mâle ( $p < 5\%$ ). Il n'est pas influencé par l'âge à l'abattage, le muscle long vaste ou semi-membraneux, la présence ou non d'épimysium et la vitesse de montée en température.

Le rendement technologique est fortement influencé par le pH, le taux de sel et la valeur pasteurisatrice ( $p < 0,01\%$ ). Il est également influencé mais dans une plus faible mesure par l'âge en jours à l'abatta-



Tableau 3 (A - B - C)  
**SOLUBILISATION DU COLLAGÈNE ET RENDEMENT TECHNOLOGIQUE :  
SOUS LES MÊMES INFLUENCES**

TABLEAU 3 A

	lignée génétique mâle			âge en jour			muscle		
	LW*P	P76	p	160	190	p	long vaste	semi membraneux	p
µg collagène /ml de jus	3088 ± 1339	3279 ± 962	NS	3295 ± 1176	3072 ± 1152	NS	3684 ± 1017	2683 ± 1089	****
µg collagène /g de viande	607 ± 358	682 ± 299	NS	646 ± 325	643 ± 340	NS	759 ± 307	530 ± 315	****

TABLEAU 3 B

	pH			sel			Epimysium		
	<5.55	>5.7	p	1.5	2.5	p	avec	sans	p
µg collagène /ml de jus	3417 ± 1196	2950 ± 1093	NS	3504 ± 1047	2863 ± 1196	**	3446 ± 1193	2920 ± 1193	*
µg collagène /g de viande	786 ± 313	503 ± 285	****	777 ± 322	512 ± 285	****	692 ± 329	597 ± 328	NS

TABLEAU 3 C

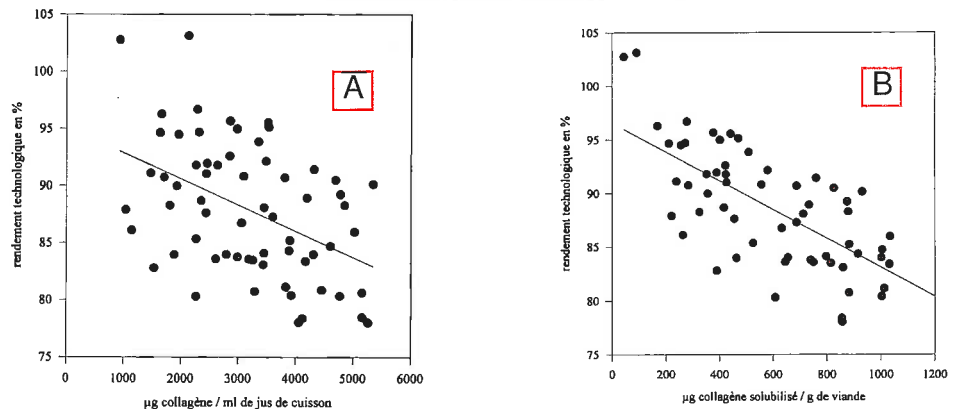
	vitesse de montée en température			valeur pasteurisatrice		
	lente	cuisson rapide	p	50	cuisson 100	p
µg collagène /ml de jus	3140 ± 1172	3227 ± 1166	NS	2882 ± 1009	3485 ± 1237	*
µg collagène /g de viande	659 ± 365	630 ± 296	NS	522 ± 253	767 ± 355	****

Évaluation de la solubilisation du collagène de type I en fonction des huit facteurs étudiés.

Les résultats sont donnés par la moyenne ± erreur standard.

La valeur de p est donnée par : NS = non significatif ; \* = p < 5% ; \*\* : p < 1% ; \*\*\* : p < 0,1% ; \*\*\*\* = < 0,01 %.

Figure 2 :  
**DES CORRÉLATIONS SIGNIFICATIVES**



Evolution du rendement technologique en pourcentage en fonction de la concentration du collagène soluble de type I par millilitre de jus de cuisson (fig. 2A) et par gramme de viande (fig. 2B).





ge, le muscle, la vitesse de montée en température ( $p < 5\%$ ). L'influence de la vitesse de montée en température peut être due à ce facteur ou au bloc malaxage avec lequel il est emboîté.

L'influence des huit facteurs sur la solubilisation du collagène de type I du tissu conjonctif est représentée tableau 3.

La lignée génétique mâle, l'âge d'abattage et la vitesse de montée en température n'ont pas d'influence sur la solubilisation du collagène de type I. Deux modes d'expression de cette solubilisation ont été retenus. L'un est l'évaluation de la concentration en collagène soluble de type I dans le jus de cuisson, il est exprimé en  $\mu\text{g}$  de collagène soluble par ml de jus. L'autre est l'évaluation de la quantité de collagène soluble en fonction du nombre de grammes de viande sans saumure mis initialement dans la fabrication ; il s'exprimera donc en  $\mu\text{g}$  de collagène soluble par gramme de viande initiale.

La présence ou non d'épimysium a une faible influence sur la solubilisation du collagène seul ; cependant la quantité de collagène de type I solubilisé par millilitre de jus de cuisson diffère de façon significative ( $p < 5\%$ ) en fonction de la présence ou non d'épimysium.

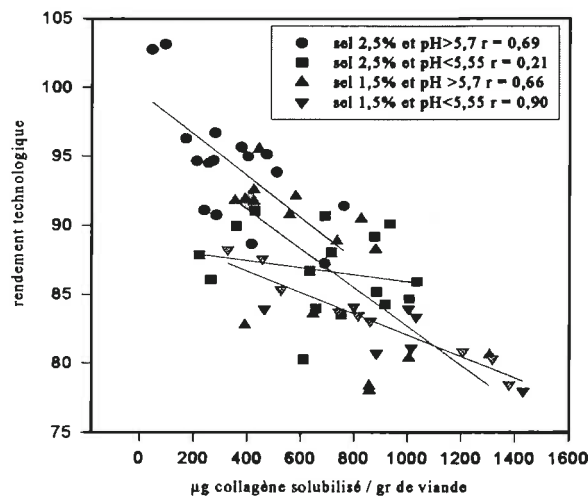
Le muscle, le pH, le taux de sel et le traitement thermique ont une forte influence sur la solubilisation du collagène de type I,  $p < 0,01\%$  pour les  $\mu\text{g}$  de collagène solubilisé par gramme de viande mis en œuvre.

### LA SOLUBILISATION DU COLLAGÈNE EST CORRÉLÉE AU RENDEMENT TECHNOLOGIQUE

Il est à remarquer que la solubilisation du collagène est influencée par les mêmes facteurs que le rendement technologique. La relation entre la concentration en collagène dans le jus de cuisson et le rendement technologique a été évaluée, elle est représentée figure 2.

Les corrélations entre rendement technologique et concentration en collagène soluble de type I

Figure 3 :  
**LE TAUX DE SEL ET LE pH : 2 FACTEURS DE FORTE INFLUENCE**



Évolution du rendement technologique en pourcentage en fonction de la concentration du collagène soluble à facteurs sel et pH24 définis.

dans le jus de cuisson ( $r = 0,45$  ;  $p = 0,02\%$ ) d'une part et rendement technologique et collagène de type I solubilisé par gramme de viande d'autre part ( $r = 0,76$  ;  $p < 0,01\%$ ) sont significatives.

L'étude des relations entre solubilisation du collagène de type I et rendement technologique a été appréhendée en tenant compte du facteur sel et pH<sub>24</sub>. Les résultats sont représentés figure 3.

La figure 3 montre qu'à pH<sub>24</sub> supérieur à 5,7, le coefficient de corrélation entre rendement technologique et collagène soluble est du même ordre de grandeur pour les deux niveaux du facteur sel. Le rendement technologique est toutefois meilleur avec un taux de sel important. Pour les viandes à pH<sub>24</sub> < 5,55, le coefficient de corrélation entre rendement technologique et solubilisation du tissu conjonctif est fortement dépendant de la teneur en sel. La concentration en sel de 2,5 % nivelle la variabilité liée aux autres facteurs étudiés (génétique, âge, valeur pasteurisatrice, montée en température, ect...) ce qui entraîne une disparition de la corrélation entre rendement technologique et solubilisation du collagène de type I. Par contre l'utilisation d'une concentration en sel de 1,5% renforce cette relation ( $r = 0,90$ ). L'utilisation d'une concentration en sel de 2,5% ou 1,5% n'a donc pas le même effet suivant que la viande est à pH<sub>24</sub> < 5,55 ou

> 5,7.

La variabilité des résultats observés s'explique par le nombre important de facteurs étudiés, 8 facteurs. Ainsi, si nous étudions le rendement technologique en fonction de la solubilisation du collagène de type I à pH < 5,55, avec un taux de sel de 1,5% et une Vp<sub>70</sub><sup>10</sup> de 50 ou de 100, nous obtenons les résultats présentés à la figure 4.

La figure 4 montre l'influence de la valeur pasteurisatrice à pH < 5,55 et taux sel de 1,5%. Elle montre également que les micro fabrications ayant subi une Vp<sub>70</sub><sup>10</sup> de 50 ont un rendement technologique plus important que celles en ayant subi une Vp de 100. La variabilité qui reste observée dans la figure 4 pourrait être expliquée par l'influence d'autres facteurs tels le muscle, la lignée génétique mâle, la différence de montée en température et l'erreur expérimentale.

### UN BON PRÉDICTEUR MAIS UN DOSAGE ENCORE LONG

Parmi les 8 facteurs étudiés (4 d'ordre zootechnique et 4 d'ordre technologique) 3 des 4 facteurs technologiques à savoir la valeur pH<sub>24</sub> des muscles, la teneur en sel et la valeur pasteurisatrice des cuissons ont une influence sur le rendement technologique et la solubilisation du collagène. Suivant la valeur pH<sub>24</sub> (< 5,55 ou > 5,7) la relation entre le rendement



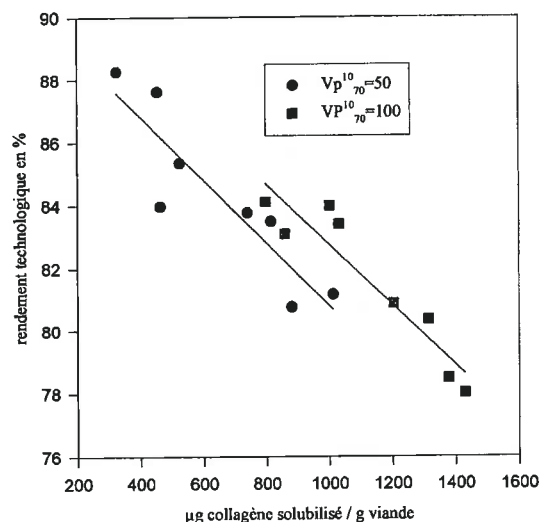
technologique et la solubilisation du tissu conjonctif est fortement dépendante de la teneur en sel. Par ailleurs, le facteur muscle (long vaste ou semi-membraneux) montre un effet significatif sur la solubilisation du collagène de type I.

En règle générale, la corrélation entre rendement technologique et solubilisation du collagène de type I montre une liaison étroite entre les deux facteurs.

En conséquence, la concentration en collagène soluble de type I rapportée au poids de viande est un bon prédicteur du rendement technologique. Aussi, vis-à-vis de lot de jambons provenant d'élevage de porcs relativement standardisés, il serait possible d'utiliser le collagène soluble de type I pour prévoir le rendement technologique de fabrication. Cependant, actuellement, la durée du dosage du collagène soluble de type I est de 2 heures.

□

Figure 4 :  
**LA VALEUR PASTEURISATRICE INFLUENCE AUSSI LE RENDEMENT**



*Influence de la VP<sub>70</sub><sup>10</sup> sur la relation entre solubilisation du collagène de type I et rendement technologique en pourcentage.*

## REMERCIEMENTS

*Nous remercions : Mme Morche, 'SOCOPA', M. Bourdier, 'SABIM', Mme Compagnon, 'OREPA', M. Deleon, 'CAM Mayenne', M. Le Treut, 'AGRALCO', M. Dumortier, 'DDE Bretagne', d'avoir participé à cette étude.*

## BIBLIOGRAPHIE

**ALVISET G., BRAUD J., VIDAL E. 1995.** Influence du pH ultime et de trois génétiques sur la qualité du tranchage des jambons label rouge commercialisés en libre service. Bull. Liaison CTSCCV Vol 5 (1), 10-24.

**BONNET M., KOPP J. 1992.** Préparation des échantillons pour le dosage et la caractérisation qualitative du collagène musculaire. Viandes Prod. Carnés ; 13 ; 87-91.

**BOUTTEN B., CALVERT R., BRAUD O., MEFFRE N., VENDEUVRE J.L. 1996.** Le dosage immuno-enzymatique du collagène soluble, une méthode simple et rapide pour suivre la solubilisation du collagène en cours de traitement thermique. Viandes Prod. Carnés ; 17 ; 161-165.