

NOUVELLES ÉQUATIONS DE PRÉDICTION DU RENDEMENT TECHNOLOGIQUE DE LA FABRICATION DU «JAMBON DE PARIS»

R. GUEBLEZ (1), Carole LE MAITRE (1), B. JACQUET (2), P. ZERT (2)

(1) I.T.P., Pôle Amélioration de l'Animal, BP 3, 35650 LE RHEU.

(2) C.T.S.C.C.V., 7, avenue du Général de Gaulle, 94700 MAISONS-ALFORT.

avec la collaboration technique de P. ECOLAN (I.N.R.A. St Gilles), J.L. MARTIN (2), M. PINSON (2).

Après prise de diverses mesures à l'abattoir ou en laboratoire, les jambons de 236 carcasses de types génétiques variés ont été transformés en «Jambon de Paris» (saumurage et cuisson sans adjonction de polyphosphates) avec mesure du rendement technologique.

Aucun prédicteur satisfaisant n'a été trouvé parmi les critères mesurés en J0 sur la chaîne d'abattage : 11 carcasses PSE correspondaient à des valeurs anormalement élevées de pertes de ressuage mesurées sur un échantillon de muscle prélevé à chaud, mais leur rendement technologique était modérément dégradé ; 19 carcasses à rendement technologique très faible provenaient de verrats terminaux à composante Hampshire et ne présentaient aucune caractéristique particulière en J0 ; le pH 45 du Semi-spinalis offre la corrélation la plus élevée ($r = 0,39$) ; la réflectance du Fat O'Meater telle que mesurée en France n'apporte aucune information.

Le pH ultime reste donc la mesure de base pour prédire le rendement technologique. Diverses équations sont proposées, avec des coefficients de détermination (R^2) allant de 0,50 à 0,55. S'il est impossible de conserver les carcasses jusqu'au lendemain, il faudra prélever à chaud un morceau de Demi-membraneux et le traiter en laboratoire selon des méthodes basées sur le pH ($R^2 = 0,40$) ou sur un saumurage et une cuisson de l'échantillon ($R^2 = 0,50$ à 0,58).

A presentation of new equations predicting the technological yield of the "Paris ham" process

Hams from 236 carcasses of various genetic types were brined and cooked according to the «Paris Ham» process (no polyphosphates added) so as to calculate their so-called «technological yield». Various measurements had been previously taken at the abattoir or in a laboratory.

No satisfactory predictor of the technological yield was found on D0 (Day of slaughter) : 11 PSE carcasses were connected with unusually high drip losses measured on a muscle sample collected on D0, but their technological yield showed a moderate inferiority ; 19 carcasses with very low yield values came from Hampshire based terminal sires and exhibited no particular trait on D0 ; the highest correlation ($r = 0.39$) was reached by pH 45 of the Semi-spinalis muscle ; Fat-O'-Meater reflectance as measured in France was of no use.

Thus, ultimate pH remains the basic measurement to predict technological yield ; several formulae were proposed with determination coefficients (R^2) varying from 0.50 to 0.55. If it is not possible to keep the carcasses until the following day, a sample of the Semi-membranosus muscle will have to be collected on the slaughter line and treated in a lab according to a method based either on pH measurements ($R^2 = 0.40$) or on brining and cooking the muscle sample ($R^2 = 0.50$ to 0.58).

INTRODUCTION

Le rendement technologique de la fabrication du «Jambon de Paris» a constitué jusqu'à présent la clé de voûte de la notion de qualité de la viande de porc en France. L'importance du secteur de la fabrication de jambon cuit avait conduit à se pencher il y a plus de 20 ans sur le problème de la prédiction de ce rendement technologique (HAMELIN et TEFFENE, 1969), et à anticiper ainsi sur l'évolution spectaculaire de ce produit à partir de 1975 : régression des fabrications «bas de gamme» au profit des diverses catégories de jambon sans polyphosphates, augmentation corrélative supérieure à 70 % entre 1977 et 1986, de la consommation de ce produit bien adapté aux attentes du consommateur (MAINSANT, 1988).

La mesure du rendement technologique étant lourde et onéreuse, il est indispensable de disposer de prédicteurs aussi précis que possible, et adaptés à des cadres d'utilisation qui peuvent être très différents : tris à l'abattoir ou en salle de découpe, contextes expérimentaux, sélection sur la qualité de la viande. Cette sélection passe à l'heure actuelle par le contrôle combiné avec des mesures de qualité de la viande réalisées sur un collatéral (abattu) du candidat, et ce au moins

pour les races Large White et Landrace français (GUEBLEZ et OLLIVIER, 1986). Il nous a donc semblé utile de tester sur un même échantillon de porcs un ensemble de mesures de qualité de viande déjà utilisées ou proposées récemment en France ou à l'étranger.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel animal est constitué de porcs charcutiers provenant de la station de contrôle des performances du Rheu (Ille-et-Vilaine) : il s'agit de 236 animaux, femelles ou mâles castrés, répartis sur 10 journées d'abattage. Afin de nous rapprocher de la réalité de la production porcine française actuelle, nous avons privilégié les produits terminaux qui représentent 70 % de nos effectifs (il s'agit de porcs issus soit de verrats Piétrain x Large White, soit de verrats croisés à composante Hampshire) et nous avons délibérément écarté les races culardes sensibles à l'halothane : les animaux de race pure sont donc uniquement de race Large White. Sur l'ensemble de notre échantillon, seuls 6 porcs (produits terminaux) ont réagi à l'halothane. Les deux sexes sont représentés de manière équilibrée entre les trois «types génétiques». Le tableau 1 résume cette situation de départ.

TABLEAU 1
RÉPARTITION DES PORCS SELON LEUR TYPE GÉNÉTIQUE

Type génétique	Nombre de porcs
Large White	72
Produits terminaux issus de verrats Piétrain x Large White (1)	100
Produits terminaux issus de verrats à composante Hampshire (1)	64

(1) la mère est une truie croisée supposée être non sensible à l'halothane, Large White x Landrace français dans la plupart des cas.

Les porcs ont été abattus vers 100 kg de poids vif et découpés selon la Découpe Parisienne Normalisée à l'abattoir BENIJO de Montfort-sur-Meu (Ille-et-Vilaine). Le protocole aboutit à l'obtention de quatre familles de variables concernant toutes la demi-carrosse droite :

1. des mesures faites à l'abattoir le jour même de l'abattage (J0).

Il s'agit de mesures de pH prises sur la chaîne, juste après la pesée-classement, environ 45 minutes après l'anesthésie (en réalité de 40 à 60 minutes), sur 4 muscles :

- deux muscles du jambon (Adducteur et Demi-membraneux),
- le Long dorsal, entre les 6ème et 7ème vertèbres lombaires,
- le Semi-spinalis ;

La valeur de réflectance du Fat-O-Meater a également été enregistrée.

2. des mesures faites à l'abattoir le lendemain de l'abattage (J1), de 20 à 26 heures après l'anesthésie :

- mesures du pH des 4 muscles précités,

- réflectance et temps d'imbibition du Long vaste ;

3. des mesures réalisées en laboratoire à partir d'échantillons de viande prélevés en J0 :

- rendement NAPOLE d'un échantillon de 100 g de Demi-membraneux, après 24 heures de réfrigération, 24 heures de saumurage, puis cuisson. Ce procédé, réplique en miniature de la fabrication en salaisonnerie, a été proposé par NAVEAU et al. (1985) ;

- le pH, le temps d'imbibition et la réflectance de cet échantillon NAPOLE ont été mesurés le lendemain de l'abattage, avant saumurage ;

- mesure de la Capacité de Rétention d'Eau (CRE) selon une méthode proposée par HONIKEL (1987) et qui comporte 2 étapes : - la détermination des pertes de ressurgage («CRE_R») d'un échantillon de Demi-membraneux d'un poids homogénéisé de 50 g après 48 heures de stockage à 0-4°C : CRE_R est exprimée en pourcentage du poids initial, - la mesure des pertes à la cuisson («CRE_C») de ce même échantillon : CRE_C est exprimée en pourcentage du poids avant cuisson et après ressurgage ;

4. des mesures effectuées lors de la transformation en «Jambon de Paris».

Les jambons droits sont expédiés au C.T.S.C.C.V. à MAISONS-ALFORT (Val-de-Marne). A leur arrivée trois notes subjectives de couleur, humidité et tenue sont attribuées à chaque jambon selon une échelle en 5 points, de 1 (mauvais) à 5 (bon), ainsi qu'une note moyenne de couleur, obtenue à l'aide de l'échelle japonaise (pastilles-étalon de différentes couleurs imitant l'aspect de la viande, numérotées de 1 (clair) à 5 (foncé)).

Après parage, les jambons reçoivent une injection de saumure à raison de 15 % du poids paré, puis sont placés en saumure de bain pendant 72 heures, en chambre froide à une température de 7 à 8°C ; la composition de la saumure est la suivante : eau 100 l, sel nitré 12 kg, salpêtre 120 g, dextrose 2 kg. Après un égouttage de 3 heures et un parage final interviennent la mise en moule et la cuisson en vapeur saturée à une température ambiante de 70°C, jusqu'à atteindre une température à cœur de 65°C. Le démoulage a lieu après resserrage des moules et refroidissement pendant 24 heures en chambre froide.

Cette transformation en «Jambon de Paris» exclut donc toute adjonction de polyphosphates. Les diverses pesées qu'elle nécessite permettent de déterminer :

- le gain de poids au saumurage, en pourcentage du poids initial,

- la perte de poids à la cuisson, en pourcentage du poids après saumurage et égouttage,
- le rendement technologique, en pourcentage du poids initial.

Enfin il faut ajouter qu'après découpe de la demi-carrosse gauche selon la découpe hollandaise, des mesures de réflectance et de temps d'imbibition ont abouti à un indice de qualité de la viande adapté à ce mode de découpe, présenté à la fin de cet article.

Les mesures de pH ont été réalisées à l'aide d'un appareil KNICK 654 muni d'une électrode INGOLD Xérolit ; la réflectance a été mesurée en utilisant un réflectomètre RETROLUX de VALIN-DAVID.

Les différentes corrélations, de même que les diverses équations de régression multiple présentées ci-après, ont été calculées intra-date d'abattage à l'aide du logiciel statistique SAS («Statistical Analysis System»).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 2 présente la moyenne, l'écart-type intra-date d'abattage et la corrélation intra-date d'abattage avec le rendement technologique de chacune des variables mesurées sur les 236 porcs, à l'exception des trois notes subjectives de couleur, humidité et tenue du jambon.

TABEAU 2
MOYENNE ET ÉCART-TYPE DE L'ENSEMBLE DES VARIABLES, AINSI QUE LEUR CORRÉLATION AVEC LE RENDEMENT TECHNOLOGIQUE

Variables		Unité	Symbole	Moyenne	Ecart-type intra-date d'abattage	Corrélation intra-date d'abattage avec le rendement technologique (3)	
Mesures faites à l'abattoir en J0 (45 mn post-mortem)	Réflectance du Fat-O'Meater		REFLFOM	15,5	1,9	- 0,07	NS
	pH Adducteur	unité pH	pH ₁ Add	6,31	0,22	0,26	***
	pH Demi-membraneux	unité pH	pH ₁ DM	6,2	0,25	0,23	**
	pH Long dorsal	unité pH	pH ₁ LD	6,29	0,29	0,14	*
	pH Semi-spinalis	unité pH	pH ₁ SS	6,28	0,22	0,39	***
Mesures faites à l'abattoir en J1 (24 h post-mortem)	pH Adducteur	unité pH	pH ₂₄ Add	5,84	0,25	0,60	***
	pH Demi-membraneux	unité pH	pH ₂₄ DM	5,60	0,17	0,70	***
	pH Long dorsal	unité pH	pH ₂₄ LD	5,50	0,12	0,53	***
	pH Semi-spinalis	unité pH	pH ₂₄ SS	6,08	0,29	0,52	***
	Réflectance Long vaste (1)		Refl ₂₄ LV	684	96	- 0,57	***
	Temps d'imbibition Long vaste	10 secondes	Timb ₂₄ LV	9,4	5,1	0,52	***
Mesures faites en laboratoire sur un échantillon de Demi-membraneux prélevé en J0	pH	unité pH	pH ₂₄ ech	5,59	0,15	0,58	***
	Réflectance (1)		Refl ₂₄ ech	619	91	- 0,32	***
	Temps d'imbibition	10 secondes	Timp ₂₄ ech	11,6	5,9	0,10	NS
	Rendement technologique NAPOLE	%	NAPOLE	90,9	4,2	0,71	***
	Pertes de ressuage	%	CRE _R	2,6	1,7	- 0,15	*
	Pertes à la cuisson	%	CRE _C	24,1	2,9	- 0,40	***
Mesures faites lors de la transformation du jambon	Notation couleur échelle japonaise (2)	point	COLOR	2,60	0,79	0,20	**
	Gain au saumurage	%	G.SAUMUR	14,0	1,7	0,63	***
	Pertes à la cuisson	%	P.CUISSON	25,5	2,7	- 0,95	***
Rendement technologique		%	R.TECHNO	84,9	3,7	-	

(1) Mesure effectuée à l'aide d'un appareil RETROLUX (0 = sombre ; 1000 = clair)

(2) Note de 1 (mauvais) à 5 (bon)

(3) Signification statistique : NS = P > 0,10 ; * = P < 0,05 ; ** = P < 0,01 ; *** = P < 0,001

Pour un rendement technologique moyen identique à celui de l'étude de JACQUET et al. (1984), nous observons des valeurs de pH ultime et de réflectance respectivement inférieures et supérieures de plus d'un demi écart-type, ainsi pour le pH ultime de l'adducteur : 5,84 contre 5,98. Ceci s'explique par l'emploi d'une électrode différente pour les mesures de pH, des conditions de transport des jambons et un traitement en salaisonnerie différents également. Par contre nos mesures de pH en J0 sont plus élevées : ceci est dû à la quasi-absence de porcs sensibles à l'halothane (alors qu'ils constituent environ 20 % de l'échantillon JACQUET et al., 1984) présentant souvent une chute rapide de pH, et à la présence plus importante d'animaux à composante Hampshire, à chute de pH lente mais prolongée (MONIN et al., 1984).

2.1. Mesures faites à l'abattoir en J0

Le pH mesuré sur la chaîne d'abattage n'offre qu'une corrélation relativement faible avec le rendement technologique : on retrouve les valeurs de JACQUET et al. (1984) en ce qui concerne le Demi-membraneux ; par contre dans notre étude, Adducteur et Demi-membraneux ont un comportement identique en la matière. Un muscle offre une corrélation nettement plus élevée avec le rendement technologique : le Semi-spinalis ($r = 0,39$), dont le pH₁ pourrait être utilisé en mesure d'appoint dans la prédiction du rendement technologique.

La valeur de réflectance du Fat-O'Meater n'offre pratiquement aucune information sur le rendement technologique. Le tri sur des valeurs extrêmes de réflectance Fat-O'Meater ne permet pas non plus de détecter de carcasses présentant un profil caractéristique.

2.2. Mesures faites à l'abattoir en J1

Tant pour les mesures de pH sur divers muscles que pour celles de réflectance et de temps d'imbibition sur le Long vaste, on obtient des corrélations très satisfaisantes (0,50 à 0,70) avec le rendement technologique, et de même ordre de grandeur que celles présentées par JACQUET et al. (1984) ; le muscle dont le pH ultime offre la meilleure corrélation avec le rendement technologique est le Demi-membraneux ($r = 0,70$), ce qui confirme l'intérêt du choix de ce muscle pour des mesures de pH ultime en conditions industrielles.

2.3. Mesures faites en laboratoire sur un échantillon de Demi-membraneux prélevé en J0

* Les mesures de pH, de réflectance et de temps d'imbibition appliquées en J1 à un échantillon de Demi-membraneux prélevé en J0 et stocké au frais (4°C) donnent des résultats variables : le pH ainsi obtenu conserve une bonne corrélation ($r = 0,58$) avec le rendement technologique ; par contre la mesure de réflectance perd beaucoup de son intérêt ($r = -0,32$) et celle du temps d'imbibition n'a plus

aucune valeur prédictive ($r = 0,10$) ; le temps d'imbibition et la réflectance sont des mesures qui doivent être réalisées sur à des muscles fraîchement coupés.

* Le rendement obtenu par la méthode NAPOLE présente une corrélation élevée ($r = 0,71$) avec le rendement technologique, très voisine de celle ($r = 0,74$) obtenue par NAVEAU et al. (1985).

* La méthode «CRE» proposée par HONIKEL (1987) permet d'obtenir une valeur des pertes de ressuage CRE_R, ainsi qu'un taux de pertes à la cuisson CRE_C :

- Les pertes de ressuage CRE_R ne sont que faiblement associées au rendement technologique ($r = -0,15$) ; (on peut signaler par ailleurs qu'elles ne sont pas corrélées avec les pertes de ressuage de la carcasse : $r = 0,01$). Nous avons observé une dissymétrie dans leur distribution : 5 % des observations, soit 11 carcasses, présentaient des pertes de ressuage supérieures à 5 % pouvant atteindre 16 %, donc anormalement élevées, la moyenne étant de 2,6 % sur l'ensemble de l'échantillon ; or 11 carcasses, dans notre étude, présentaient une chute rapide de pH (pH1 du Demi-membraneux inférieur à 5,9) et sur ces 11 carcasses, 9 avaient en commun des pertes de ressuage anormalement élevées et une chute rapide de pH. Ces carcasses ne correspondaient ni aux animaux sensibles à l'halothane, ni à un type génétique déterminé. Les données du tableau 3 montrent qu'elles étaient également caractérisées par des valeurs de réflectance du Long vaste très élevées et de temps d'imbibition très faibles : il s'agit donc de viandes habituellement qualifiées de PSE. Mais elles présentent un rendement technologique inférieur à la moyenne de 1,8 %, ce qui est somme toute une différence assez faible ; en particulier aucune n'avait de rendement technologique inférieur à 80 % alors que c'était le cas pour 19 carcasses de notre échantillon, provenant toutes de produits terminaux issus de verrats à composante Hampshire et ne présentant aucune caractéristique particulière en J0. Ceci nous inspire deux réflexions :

- peut-être un ressuage violent et précoce limite-t-il les pertes ultérieures à la cuisson des viandes PSE. En tout cas, si l'on met de côté les 11 carcasses extrêmes en termes de pertes de ressuage, la corrélation intra-date d'abattage entre cette dernière variable et le rendement technologique s'améliore notablement, atteignant - 0,32 ;

- les défauts de rendement technologique dus à l'«effet Hampshire» - pour reprendre l'expression de MONIN et al. (1984) - semblent plus graves que ceux liés à l'emploi de viandes PSE.

- Les pertes à la cuisson CRE_C présentent une corrélation de - 0,40 avec le rendement technologique, ce qui est relativement décevant au regard de la lourdeur de la méthode «CRE».

TABLEAU 3
CARACTÉRISTIQUES DES 9 CARCASSES PSE DE NOTRE ÉCHANTILLON

Variable (1)	pH ₁ DM	pH ₂₄ DM	Refl ₂₄ LV	Timb ₂₄ LV	CRE _R	R.TECHNO
Moyenne ± écart-type	5,67 ± 0,11	5,60 ± 0,10	798 ± 80	3,1 ± 3,7	10,08 ± 4,60	83,1 ± 2,39

(1) Les symboles des variables sont présentés au tableau 2

2.4. Mesures faites lors de la transformation du jambon

La notation de la couleur par l'échelle japonaise a donné des résultats décevants ($r = 0,20$) : une notation subjective de la couleur semble donner de meilleurs résultats ($r = 0,40$), peut-être parce qu'elle intègre malgré tout les autres critères d'appréciation visuelle que sont la tenue ($r = 0,25$) et l'humidité ($r = 0,48$), mais la corrélation de chacune des trois notes subjectives est beaucoup moins forte dans notre étude que dans l'étude de JACQUET et al. (1984, $r = 0,54$ à $0,58$) ; ceci confirme que l'appréciation visuelle du jambon doit se faire de préférence sur une coupe fraîche, ce qui était le cas en 1984. L'emploi de l'échelle japonaise à l'abattoir et non à la réception des jambons aurait sans doute donné de meilleurs résultats.

Le gain au saumurage et les pertes à la cuisson sont les deux composantes du rendement technologique ; les pertes à la cuisson ont une corrélation presque parfaite avec le rendement technologique ($r = -0,95$) ; l'ensemble des variables étudiées a pratiquement la même corrélation avec le rendement technologique ou avec les pertes à la cuisson, au signe près : ainsi les pertes à la cuisson selon la méthode CRE ont une corrélation de 0,41 avec les pertes à la cuisson, et de 0,40 avec le rendement technologique. Les corrélations impliquant le gain au saumurage sont plus faibles en général, et bien sûr de signe opposé. Il ne semble donc pas nécessaire de considérer les rendements au saumurage et à la cuisson de manière séparée.

2.5 . Prédiction du rendement technologique

JACQUET et al. (1984) avaient proposé une série d'équations

de prédiction du rendement technologique grâce à des techniques de régression pas à pas qui triaient les meilleures combinaisons linéaires de variables prédictrices. Nous avons choisi de nous donner ces combinaisons a priori selon les contraintes qu'elles entraînent sur le plan pratique, afin de privilégier en quelque sorte la faisabilité de la méthode de prédiction à sa précision.

Les mesures en J0 ne permettent pas à elles seules l'obtention d'un niveau de précision suffisant ; les mesures en J1 présentent l'inconvénient de devoir garder les carcasses à l'abattoir jusqu'au lendemain, ce qui conduit en pratique à deux déplacements : en J0 pour repérer les carcasses et les mettre de côté, en J1 pour faire les mesures. Le choix va donc se porter entre deux grands types de méthodes :

- prélèvement en J0, sur la chaîne d'abattage, d'un échantillon de Demi-membraneux qui sera conservé en laboratoire entre 0 et 4°C, et sur lequel on pourra pratiquer une mesure de pH ultime et/ou la méthode «CRE» ou NAPOLE ; en outre, lors du prélèvement, le pH 45 du Semi-spinalis pourra être mesuré sur la chaîne d'abattage ;
- mesures faites en J1 : sans découpe - pH ultime de divers muscles - ou avec découpe de la carcasse : il s'agit alors de la méthode utilisée en stations de contrôle de performances, qui combine pH, réflectance et temps d'imbibition en un Indice de Qualité de Viande (IQV).

L'ensemble des équations de prédiction offrant un intérêt sur le plan pratique et sur celui de la précision (expliquant au moins 40 % de la variance intra-date d'abattage) est présenté au tableau 4.

TABEAU 4
ÉQUATIONS DE PRÉDICTION DU RENDEMENT TECHNOLOGIQUE

Type de méthode	N° de l'équation	Equation de prédiction (1)	Corrélation multiple intra-date d'abattage
Prélèvement d'un échantillon Demi-membraneux en J0 (sur la chaîne d'abattage)	1	$3,778 \text{ pH}_{45} \text{ SS} + 12,138 \text{ pH}_{24} \text{ ech}$	0,63
	2	$3,230 \text{ pH}_{45} \text{ SS} + 11,620 \text{ pH}_{24} \text{ ech} - 1,710 \text{ CRE}_R$	0,67 (2)
	3	$3,160 \text{ pH}_{45} \text{ SS} + 10,410 \text{ pH}_{24} \text{ ech} - 1,380 \text{ CRE}_R - 0,201 \text{ CRE}_C$	0,68 (2)
	4	$12,954 \text{ pH}_{24} \text{ ech} - 1,893 \text{ CRE}_R$	0,64 (2)
	5	$11,679 \text{ pH}_{24} \text{ ech} - 1,551 \text{ CRE}_R - 0,206 \text{ CRE}_C$	0,66 (2)
	6	0,631 NAPOLE	0,71
	7	$5,504 \text{ pH}_{24} \text{ ech} + 0,492 \text{ NAPOLE}$	0,74
	8	$3,183 \text{ pH}_{45} \text{ SS} + 0,585 \text{ NAPOLE}$	0,74
	9	$2,451 \text{ pH}_{45} \text{ SS} + 4,741 \text{ pH}_{24} \text{ ech} + 0,476 \text{ NAPOLE}$	0,76
Mesures en J1 sur carcasse entière	10	$14,929 \text{ pH}_{24} \text{ DM}$	0,70
	11	$118,24 \text{ pH}_{24} \text{ DM} - 9,0304 (\text{pH}_{24} \text{ DM})$	0,71
	12	$3,207 \text{ pH}_{24} \text{ Add} + 11,471 \text{ pH}_{24} \text{ DM}$	0,72
	13	$2,716 \text{ pH}_{24} \text{ Add} + 9,697 \text{ pH}_{24} \text{ DM} + 2,77 \text{ pH}_{24} \text{ SS}$	0,74
Mesures en J1 sur le jambon après découpe	14	$5,902 \text{ pH}_{24} \text{ Add} - 0,0092 \text{ Refl}_{24} \text{ LV} + 0,173 \text{ Timb}_{24} \text{ LV}$	0,72 (3)
	15	$6,060 \text{ pH}_{24} \text{ Add} - 0,0115 \text{ Refl}_{24} \text{ LV} + 0,136 \text{ Timb}_{24} \text{ LV}$	0,73 (4)

(1) Les symboles des variables prédictrices sont présentés au tableau 2

(2) Equation de prédiction et coefficient de corrélation obtenus en excluant les valeurs de $\text{CRE}_R > 5\%$

(3) Indice de Qualité de Viande (IQV) utilisé dans les stations de contrôle des performances

(4) IQV optimal calculé sur notre échantillon

Les méthodes proposées au tableau 4 ont une précision de même ordre de grandeur que les équations données par JACQUET et al. (1984) : les coefficients de corrélation varient de 0,63 à 0,76. Les méthodes basées sur des mesures de pH se détachent de par leur simplicité (équations 1, 10, 12 et 13) : la possibilité de prendre le pH ultime d'un échantillon de muscle prélevé sur la chaîne (équation 1) permet de faire face aux cas où il est impossible de garder les carcasses ; le stockage des échantillons peut alors se faire dans des conditions assez rudimentaires : dans des sachets plastiques simplement posés sur les rayons d'un réfrigérateur, par exemple.

Une équation de régression quadratique du rendement technologique sur le pH ultime du Demi-membraneux est proposée (équation 11), avec un coefficient du deuxième degré significativement non nul ($P < 0,01$) ; mais l'écart avec l'estimation linéaire n'excède pas 0,5 point de rendement technologique estimé dans la gamme de pH allant de 5,4 à 6,1. CARIOU et al. (1988) trouvaient un effet curvilinéaire plus marqué dans la prédiction du rendement technologique d'un lot de 50 jambons à partir du pH moyen du lot.

Les équations impliquant la méthode CRE n'offrent qu'un intérêt assez faible : par rapport à l'équation 1, le gain de précision est limité pour un surcroît de travail important ; en outre, elles ne peuvent s'appliquer en toute rigueur aux viandes à chute précoce de pH, c'est-à-dire à des valeurs de CRER supérieures à 5 %. Cependant, alors que dans notre étude la corrélation entre CRER et le pH ultime du Demi-membraneux atteint - 0,22 en excluant les valeurs de CRER supérieures à 5 %, GUEBLEZ et al. (1990) obtiennent une corrélation beaucoup plus élevée ($r = - 0,58$) en effectuant le prélèvement en J1 - à froid - et en effectuant un simple parage du gras, sans homogénéiser le poids de l'échantillon. Mais l'intérêt pratique pour prédire le rendement technologique est faible puisque cela impose de conserver les carcasses à l'abattoir jusqu'au lendemain.

Par ailleurs, si la corrélation entre les deux demi-carcasses est d'environ 0,80 pour le pH ultime du Demi-membraneux ou de l'Adducteur, elle n'est plus que de 0,60 pour le pH ultime de l'échantillon, ainsi que pour CRER selon LE MAITRE (1989), ce qui témoigne d'une variabilité résiduelle importante due entre autres aux conditions de prélèvement.

La bonne précision de la méthode NAPOLE peut encore être améliorée en lui adjoignant une mesure de pH ultime de l'échantillon ; mais cette méthode est la plus lourde de toutes et elle n'est pas vraiment plus précise que l'équation 13, basée sur trois mesures de pH ultime.

Quant à l'Indice de Qualité de la Viande (IQV) utilisé dans les stations de contrôle des performances, sa bonne précision est vérifiée ici sur un échantillon indépendant de celui qui a servi à l'obtenir. Son intérêt dépasse la simple prédiction du rendement technologique puisque l'IQV offre des références sur la réflectance, critère vraisemblablement important dans l'appréciation de la viande en frais, qui présente en outre l'héritabilité la plus élevée parmi toutes les mesures de qualité de la viande (OLLIVIER et al., 1981). Par ailleurs, des mesures effectuées sur le jambon gauche ont permis d'obtenir une formule d'Indice de Qualité de Viande adaptée à la découpe hollandaise, la plus courante actuellement dans les abattoirs bretons :

$$IQV = 8,329 \text{ pH}_{24} \text{ Add} - 0,0074 \text{ Refl}_{24} \text{ FS} + 0,127 \text{ Timb}_{24} \text{ LV}$$

où $\text{Refl}_{24} \text{ FS}$ est la réflectance en J1 du Fessier superficiel.

Cette équation, établie sur la moitié environ de notre échan-

tilon, soit 117 animaux, a un coefficient de corrélation multiple de 0,76.

On peut enfin se demander s'il ne serait pas possible de proposer des équations de prédiction spécifiques à chaque type génétique : pour des raisons de coût, nous avons dû nous limiter à l'étude d'un échantillon unique et composite ; cependant une analyse des variables prédictives utilisées dans les équations du tableau 4 montre des corrélations de ces variables avec le rendement technologique voisines pour les trois types génétiques tels que définis au tableau 1.

CONCLUSION

Malgré la prise en compte de nouvelles mesures par rapport à l'étude de JACQUET et al. (1984), nous pouvons faire nôtre l'une des phrases de ces auteurs dans leur conclusion : «le pHmètre reste l'appareil de base pour la prédiction du rendement technologique».

- Si l'on peut garder les carcasses jusqu'au lendemain de l'abattage, on pourra se contenter d'une mesure de pH (de préférence sur le Demi-membraneux) pour un tri à l'abattage, en salle de découpe ou à la réception des jambons en salaisonnerie ; dans un contexte expérimental ou de sélection, on prendra le pH de deux ou trois muscles différents. Dans tous les cas, le coefficient de détermination (R^2) atteindra ou dépassera 0,50. Enfin, un tri basé sur l'appréciation visuelle du jambon doit se faire préférentiellement sur une pièce fraîchement découpée.

- Si l'on ne peut disposer des carcasses le lendemain, un tri précoce sur la chaîne d'abattage semble toujours impossible actuellement. Dans un cadre expérimental ou de sélection, la prise d'un échantillon de Demi-membraneux s'impose avec au choix une méthode légère basée sur le pH ($R^2 = 0,40$), ou bien l'emploi de la méthode NAPOLE ($R^2 \geq 0,50$).

Toutes ces mesures sont faites sur l'animal abattu, ce qui constitue un handicap évident pour un programme de sélection. Une autre voie de prédiction du rendement technologique est actuellement explorée. MONIN et al. (1984) avaient attribué à des teneurs très élevées en glycogène musculaire les bas rendements technologiques observés chez le Hampshire et dans cette race au moins - ou dans les lignées composites où elle intervient en France - le dosage du glycogène du muscle est envisagé comme critère de sélection intéressant pour la prédiction du rendement technologique, d'autant que son application à l'animal vivant est possible si l'on prélève un échantillon de muscle par biopsie (FERNANDEZ et al., 1990). Mais les protocoles expérimentaux et bien sûr les opérations de tri à l'abattoir continueront à être basés sur des mesures effectuées sur la carcasse ou sur le jambon.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement la direction et le personnel des Etablissements BENIJO pour leur aide précieuse dans la réalisation de cette étude, ainsi que le personnel de la station de contrôle de performances du Rheu.

Cette étude n'aurait été possible sans le concours financier de l'ACTIA d'une part, de l'OFIVAL et de la Direction de la Production et des Echanges du Ministère de l'Agriculture d'autre part, dans le cadre de deux conventions passées respectivement avec le C.T.S.C.C.V. et l'I.T.P..

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CARIOU N., JOANNIC P., DUBOIS M., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 177-180.
- FERNANDEZ X., NAVEAU J., TALMANT A., MONIN G., 1990. Journées Rech. Porcine en France, 22, 97-100.
- GUEBLEZ R., LE MAITRE C., VAUDELET J.C., 1990. Journées Rech. Porcine en France, 22, 83-88.
- GUEBLEZ R., OLLIVIER L., 1986. Techni-Porc, 9 (5), 25-31.
- HAMELIN M., TEFFENE O., 1969. Document interne, I.T.P., 14 p.
- HONIKEL K.O., 1987. In : TARRANT P.V., EIKELENBOOM G., MONIN G., (Eds), Evaluation and control of meat quality in pigs, 129-142, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- JACQUET B., SELLIER P., RUNAVOT J.P., BRAULT D., HOUIX Y., PERROCHEAU C., GOGUE J., BOULARD J., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 49-58.
- LE MAITRE C., 1989. Document interne I.T.P..
- MAINSANT P., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 63-72.
- MONIN G., GRUAND J., LABORDE D., SELLIER P., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 59-64.
- NAVEAU J., POMMERET P., LECHAUX P., 1985. Techni-Porc, 8 (6), 7-13.
- OLLIVIER L., DERRIEN A., MOLENAT M., 1981. Journées Rech. Porcine en France, 13, 293-298.