

## NOUVELLES ÉQUATIONS FRANÇAISES DE PRÉDICTION DU TAUX DE MUSCLE DES CARCASSES DE PORC

G. DAUMAS (1), T. DHORNE (2)

(1) I.T.P., Pôle Qualité du Produit - BP 3, 35650 Le Rheu

(2) I.N.R.A., Laboratoire de Biométrie - 65 rue de St Briec, 35042 Rennes Cedex

Deux nouvelles équations de prédiction du taux de muscle des carcasses de porc françaises ont été établies sur la base d'un essai d'harmonisation des méthodes de classement dans la C.E.E., qui s'est déroulé en 1990. Un double échantillonnage a été pratiqué comportant une sur-représentation des valeurs extrêmes d'épaisseurs de gras et de muscle, afin d'assurer une plus grande précision des équations.

Le taux de muscle de référence correspond désormais à une carcasse sans panne ni rognon ni diaphragme. Les deux équations ont été calculées par double régression.

L'équation destinée aux abattoirs de plus de 2 000 T/an est basée uniquement sur l'épaisseur de gras et de muscle au site 3/4 DC ; sa précision est  $Se = 2,05$ .

L'équation destinée aux abattoirs de 800 à 2 000 T/an est basée sur une épaisseur de gras et de muscle à la fente ; sa précision est  $Se = 2,34$ .

### **New French equations for predicting pig carcasses lean meat percentage**

Two new equations for predicting French pig carcasses lean meat percentage were established after a 1990 trial concerning the harmonization of Community grading methods. A double sampling scheme was followed, to ensure higher accuracy it emphasized extreme values for fat and muscle depths.

The carcasse definition for reference lean is without flare fat, kidney and diaphragm. Both equations were set by double regression.

The equation for more than 2 000 T/year slaughterhouses is only based on backfat and muscle depths at 3/4 last rib ; the residual standard deviation is 2,05.

The equation for slaughterhouses from 800 up to 2 000 T/year uses one fat depth and one muscle depth measured on the splitline ; the residual standard deviation is 2,34.

## INTRODUCTION

Le classement objectif des carcasses de porcs est pratiqué en France depuis 1986. Il repose sur l'estimation du taux de muscle à partir d'épaisseurs de gras et de muscle mesurées à l'aide d'un pistolet. Différentes méthodes ont été autorisées par la décision 89/50/CEE du 21 décembre 1988 (Commission des C.E., 1989).

Des différences de classement ayant été constatées entre Etats-membres, la Commission des C.E. a décidé en 1989 de lancer une recherche visant à l'harmonisation des méthodes. Ce projet a débouché sur un essai concerté réalisé en 1990 dans 10 des 12 pays de la CEE. L'objectif était double : réduire le coût expérimental en simplifiant le mode de dissection et diminuer les biais entre Etats-membres par l'utilisation d'un protocole communautaire (Commission des C.E., 1990).

Le présent article rend compte de l'essai réalisé en France, qui a abouti à l'élaboration de nouvelles équations françaises de prédiction du taux de muscle et à leur mise en place progressive. De plus amples détails sur la méthode et les calculs figurent dans un compte-rendu détaillé (DAUMAS et DHORNE, 1993).

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

120 carcasses ont été sélectionnées en septembre et octobre 1990 dans 3 abattoirs : 2 du grand Ouest et 1 du Sud-Ouest. La sélection s'est opérée selon 4 critères : le sexe, le type génétique, l'épaisseur de gras sous-cutané (X4) et l'épaisseur de muscle (X5), mesurées toutes les deux par le SPC entre les 3ème et 4ème dernières côtes à 6 cm de la ligne médiane dorsale (3/4 DC).

Concernant le sexe, on a simplement corrigé le sex-ratio lorsqu'il y avait un déséquilibre trop grand. Pour les types génétiques, on a respecté leur proportion dans la population. Par contre, on a sur-échantillonné les extrêmes en matière d'épaisseurs de gras et de muscle. Neuf classes ont été définies de sorte que 40 % des carcasses se trouvent à chaque extrême et 20 % dans la classe médiane, ce aussi bien pour X4 que pour X5 (tableau 1).

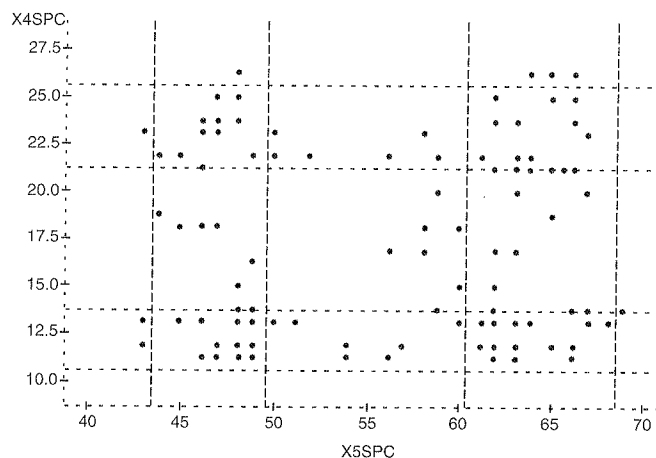
Tableau 1- Stratification sur les prédictrices

X4 \ X5	44 ≤ X5 ≤ 49	50 ≤ X5 ≤ 61	62 ≤ X5 ≤ 68
10 ≤ X4 ≤ 13	20 carcasses	8 carcasses	20 carcasses
14 ≤ X4 ≤ 21	8 carcasses	8 carcasses	8 carcasses
22 ≤ X4 ≤ 25	20 carcasses	8 carcasses	20 carcasses

La figure 1 représente les carcasses sélectionnées en pratique.

Les mesures X2 (gras 3/4 VL), X4 et X5 prises au SPC sur la chaîne ont été notées pour les carcasses sélectionnées. Ces mêmes mesures ont ensuite été prises à l'aide d'un Endos-

Figure 1 - Stratification de l'échantillon complet selon les épaisseurs de gras et de muscle



cope 5000, prototype à longue tige (dénommé par la suite ELT), permettant de détecter l'aponévrose entre la noix de côtelette et la zone intercostale.

Pour mettre au point une méthode pour les abattoirs de faible tonnage, ont été mesurées avec une règle : l'épaisseur minimale de gras au niveau du gluteus medius (G) et l'épaisseur minimale du muscle lombaire entre l'extrémité antérieure du gluteus medius et la face dorsale interne du canal rachidien (M).

Puis, après une nuit de réfrigération, une coupe transversale a été réalisée au site 3/4 DC et deux photos ont été prises afin de détecter d'éventuelles aberrations du SPC ou de l'ELT.

Enfin, les 120 carcasses ont subi une découpe primaire et une dissection simplifiée. Parmi elles, 32 ont été disséquées totalement. Leur sélection s'est opérée sur la seule combinaison de X4 et X5, en respectant pour chacune des variables la contrainte communautaire de 50 % des carcasses à chaque extrême.

### 1.2. Traitement statistique

Concernant les mesures latérales, il s'agissait de trouver l'appareil le plus précis entre le SPC et l'ELT. La référence utilisée est basée sur les mesures des photos des coupes transversales. Un taux d'aberrations a été établi sur les deux prédictrices pour les deux appareils, puis on a comparé l'écart-type résiduel des régressions X appareil sur X photo.

L'équation a ensuite été calculée pour l'appareil considéré le plus précis et sur l'échantillon des seules observations validées par les photos.

Le protocole retenu interdit l'utilisation de la régression pour prédire le taux de muscle, seule méthode employée jusqu'à présent. Nous avons alors appliqué une méthode proposée par les Pays-Bas (ENGEL et WALSTRA, 1991a) et dénommée «la double régression». Elle consiste à enchaîner trois étapes :

- une régression sur le sous-échantillon entre Y, d'une part, et les prédictrices  $X_i$  et une variable concomitante Z, d'autre part ;

- une régression sur l'échantillon global entre la concomitante Z, d'une part, et les prédictrices Xi, d'autre part ;
- la combinaison des deux équations de prédiction pour établir la relation entre Y et les Xi.

Cette méthode suppose l'emploi d'une variable, dite concomitante, mesurée à la fois sur le sous-échantillon et sur l'échantillon global. Cette variable doit être fortement corrélée avec la variable à prédire, dans notre cas le taux de muscle.

L'écart-type résiduel a été calculé sur la base de l'estimateur sans biais trouvé par CAUSEUR (1993), dont la variance est inférieure à celle de l'estimateur proposé par ENGEL et WALSTRA (1991).

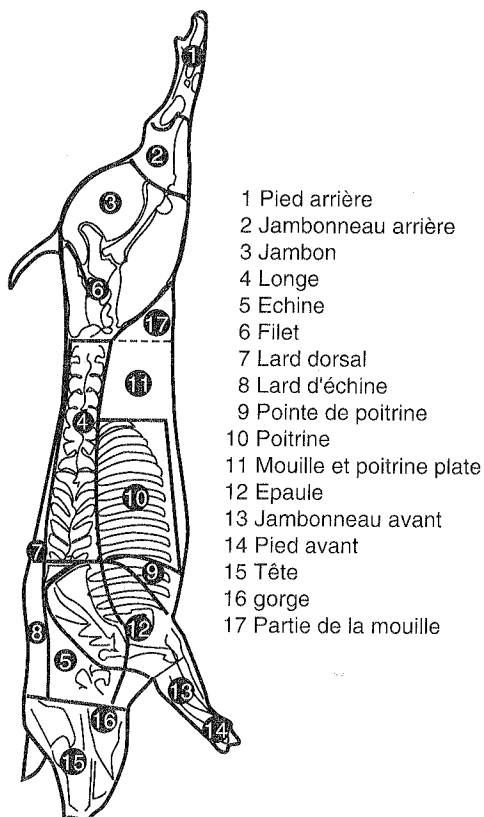
Pour obtenir l'équation finale de prédiction, les carcasses jugées éloignées du nuage ont été éliminées. Par contre, il en a été tenu compte pour l'estimation de l'écart-type résiduel, que l'on peut alors qualifier de «pessimiste».

L'ensemble des calculs a été réalisé à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute Inc., 1988a, b, c et 1991).

### 1.3. Calcul des taux de muscle

La présentation de la carcasse retenue dans le protocole communautaire est sans panne, ni rognon, ni diaphragme (interprété comme le seul onglet par l'Allemagne, responsable de l'application de la dissection). Les demi-carcasses gauches ont subi la découpe primaire normalisée par le B.A.F.F. de Kulmbach en Allemagne (SCHEPER et SCHOLZ, 1985) ; 17 morceaux sont isolés (figure 2).

Figure 2 - Découpe primaire allemande normalisée



Pour le sous-échantillon, les 17 pièces ont été disséquées totalement. Le taux de muscle de référence a été calculé comme le rapport en pourcentage entre, d'une part, la somme des poids des muscles des 17 pièces, et, d'autre part, la somme des poids des différents tissus des 17 pièces.

Sur le reste de l'échantillon a été pratiquée la dissection simplifiée proposée par le B.A.F.F. de Kulmbach (BRANSCHIED et al., 1990) ; elle consiste en la dissection totale des 4 morceaux nobles : jambon, longe, épaule et poitrine. Nous avons choisi comme variable concomitante le taux de muscle moyen de ces 4 pièces, calculé comme le rapport en pourcentage entre, d'une part, la somme des poids des muscles de ces 4 pièces, et, d'autre part, la somme des poids des différents tissus de ces 4 pièces.

## 2. RÉSULTATS

Deux équations de prédiction du taux de muscle ont été établies, l'une à partir des mesures latérales et l'autre à partir des mesures à la fente.

### 2.1. Équation à partir des mesures latérales

La comparaison du SPC et de l'ELT montre un taux d'aberrations voisin, un écart-type résiduel un peu plus faible pour le SPC sur le gras et nettement inférieur pour l'ELT sur le muscle. Aussi, l'ELT a été confirmé comme «appareil de référence». Les mesures de 7 carcasses n'ayant pas été validées pour l'ELT, l'échantillon de départ se compose de 113 observations.

L'équation utilisée jusqu'à présent reposait sur 3 variables explicatives : X2, X4 et X5, X2 étant l'épaisseur de gras sous-cutané entre les 3ème et 4ème vertèbres lombaires à 8 cm de la ligne médiane dorsale. Il n'a pas été possible de vérifier la fiabilité des mesures X2 en les confrontant à des mesures sur photo. La précision du modèle avec X2 ne s'est pas avérée significativement différente de celle du modèle sans X2. L'abandon de X2 rendait alors possible le contrôle en conditions industrielles de l'épaisseur de muscle (X5) en plus de l'épaisseur de gras (X4) par une seconde piqûre dans la région costale ; ce contrôle est important car l'erreur sur le muscle est beaucoup plus grande que sur le gras. De plus, la validité d'un modèle basé sur une épaisseur de gras et une épaisseur de muscle à un site costal est confortée par une expérience de plusieurs années aux Pays-Bas et en Allemagne. C'est pourquoi, seules les prédictrices X4 et X5 ont finalement été retenues.

L'écart-type résiduel estimé vaut :  $Se = 2,05$ . L'écart-type de l'estimateur de la variance résiduelle est de 0,17. Six carcasses ont été éliminées avant d'obtenir l'équation finale de prédiction :

$$Y = 55,698 - 0,710 X4 + 0,198 X5$$

Les deux étapes intermédiaires ont donné :

$$Z = 65,260 - 0,684 X4 + 0,205 X5$$

$$S0 = 1,96$$

$$Y = -9,754 + 1,003 Z - 0,024 X4 + 0,008 X5$$

$$S1 = 0,62$$

Les principales caractéristiques de l'échantillon figurent au tableau 2.

**Tableau 2** - Moyennes et écarts-types des principales variables sur l'échantillon de l'Endoscope 5000 (ELT)

		Échantillon complet			Sous-échantillon		
		Moyenne	Mini	Maxi	Moyenne	Mini	Maxi
Mesures 3/4 DC (mm)	Gras	17,5	9	28	16,8	10	25
	Muscle	53,6	42	67	52,7	42	62
Taux de muscle (%)	estimé	53,9	44,8	61,8	54,2	46,7	60,0
	disséqué	/	/	/	53,8	43,7	62,1
Poids froid de la 1/2 carcasse gauche (kg)		40,7	31,0	50,1	39,9	31,0	46,6

### 2.2. Équation à partir des mesures à la fente

L'échantillon initial comprend les 120 carcasses. L'écart-type résiduel vaut :  $Se = 2,34$ . L'écart-type de la variance résiduelle est de 0,22.

Sept carcasses ont été éliminées avant d'obtenir l'équation finale de prédiction :

$$Y = 44,864 - 0,552 G + 0,280 M$$

Les deux étapes intermédiaires ont donné :

$$Z = 59,247 - 0,569 G + 0,227 M$$

$$S0 = 2,35$$

$$Y = - 12,375 + 0,966 Z - 0,002 G + 0,061 M$$

$$S1 = 0,58$$

Les principales caractéristiques de l'échantillon figurent au tableau 3.

**Tableau 3** - Moyennes et écarts-types des principales variables sur l'échantillon de la réglette

		Échantillon complet			Sous-échantillon		
		Moyenne	Mini	Maxi	Moyenne	Mini	Maxi
Mesures à la fente (mm)	Gras	18,5	7	31	17,5	7	27
	Muscle	68,4	54	87	68,3	60	78
Taux de muscle (%)	estimé	53,8	44,6	62,6	54,3	47,0	62,6
	disséqué	/	/	/	53,6	43,7	62,1
Poids froid de la 1/2 carcasse gauche (kg)		40,8	31,0	50,2	40,2	31,0	47,4

### 3. DISCUSSION

La bonne cohérence entre les deux équations peut s'apprécier au travers de la figure 3.

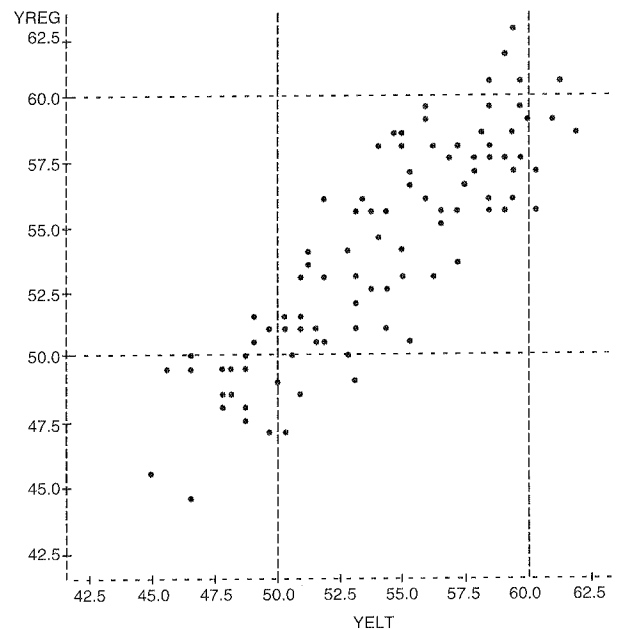
Les deux contraintes statistiques réglementaires portant sur les méthodes de classement (Commission des C.E., 1985) sont :

- coefficient de détermination  $R^2 > 0,64$
- écart-type résiduel  $Se < 2,5$ .

Pour l'instant, personne n'a établi un mode d'estimation du coefficient de détermination en double régression. À titre indicatif, ce coefficient a été calculé sur le sous-échantillon ; il vaut 0,82 pour l'ELT et 0,81 pour la réglette.

La précision des équations est relativement bonne grâce à un plan expérimental performant, basé notamment sur un sur-échantillonnage des extrêmes des prédictrices. Ceci devrait permettre à nombre d'appareils de respecter la contrainte sur l'écart-type résiduel à l'issue de leur calibration par rapport à l'appareil de référence.

En octobre 1993, seuls deux autres pays avaient obtenu

**Figure 3** - Cohérence entre les taux de muscle prédits par les mesures latérales (YELT) et par les mesures à la fente (YREG)

l'autorisation de Bruxelles pour utiliser des équations établies sur l'essai concerté de 1990 via la double régression : les Pays-Bas et l'Irlande. Ces équations et leur précision figurent au tableau 4.

**Tableau 4 - Équations néerlandaise et irlandaise**

Pays	IRLANDE			
	PAYS-BAS	HGP	FOM	ENDOSCOPE
<b>K</b>	60,53	56,96	53,25	68,84
<b>X5</b>	+ 0,14	+ 0,2714	+ 0,3145	/
<b>X4</b>	- 0,74	- 1,4976	- 1,2398	- 0,7995
<b>X4<sup>2</sup></b>	/	+ 0,0233	+ 0,0139	+ 0,0092
<b>G</b>	/	/	/	- 0,2728
<b>Se</b>	2,1	2,22	2,04	2,31

L'équation néerlandaise présentée ici (ENGEL et WALSTRA, 1991b) est une approximation linéaire de l'équation autorisée (Commission des C.E., 1992). Son écart-type résiduel est voisin de celui de la France ; les tailles d'échantillon et de sous-échantillon sont respectivement de 200 et 50.

L'Irlande a introduit un terme quadratique malgré l'absence de curvilinearité. La méthode FOM a la même précision que le HGP aux Pays-Bas et l'ELT en France ; par contre, les méthodes HGP et Endoscope sont moins précises. Concernant l'Endoscope, cela s'explique par son incapacité à mesurer les épaisseurs de muscle, qui sont pourtant des prédictrices intéressantes.

La précision des méthodes utilisées dans la CEE peut être améliorée par une meilleure gestion du protocole expérimental. En effet, le protocole imposé au niveau communautaire suggérerait l'emploi d'une concomitante unique, ce qui ne peut pas être optimal (CAUSEUR et al., 1993). De plus, il faut ensuite raisonner les tailles d'échantillon et de sous-échantillon en fonction du choix de la concomitante.

En France, une autre voie d'amélioration consiste à utiliser une équation par sexe (DAUMAS et al., 1993).

Enfin, l'emploi d'un «appareil de référence» plus précis s'avère très prometteur pour améliorer la précision des méthodes.

## CONCLUSION

La stratégie française, consistant à utiliser la même équation pour tous les appareils prenant des mesures latérales, a été conservée pour l'essai de 1990 visant à l'harmonisation des méthodes de classement des carcasses de porc dans la CEE. Le double échantillonnage traité par double régression a permis de réduire le coût expérimental de l'ordre de 30 %, tout en maintenant le même niveau de précision que si l'on avait disséqué totalement 120 carcasses. Un sur-échantillonnage des extrêmes des prédictrices, couplé à l'emploi d'un appareil de référence relativement précis a conduit à une précision jamais atteinte en France.

L'épaisseur de gras au niveau lombaire (X2) a été abandonnée. La nouvelle équation repose désormais sur les seules épaisseurs de gras (X4) et de muscle (X5) mesurées au site 3/4 DC :

$$Y = 55,698 - 0,710 X4 + 0,198 X5$$

$$Se = 2,05$$

À l'intention des abattoirs de moins de 2 000 T/an, une équation basée sur des mesures à la fente a également été établie sur le même échantillon et selon la même méthode. Cette équation repose sur l'épaisseur de gras au mini-rein (G) et l'épaisseur du muscle lombaire à la base du gluteus medius (M) :

$$Y = 44,864 - 0,552 G + 0,280 M$$

$$Se = 2,34$$

Ces deux équations ont été autorisées par la décision 93/248/CEE du 5 avril 1993. Elles présentent une bonne cohérence entre elles.

Trois voies d'amélioration de la précision se dessinent : l'emploi d'un «appareil de référence» plus précis, le choix d'une meilleure variable concomitante en double régression et la mise au point d'une équation par sexe.

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont, d'une part, à l'OFIVAL pour la mise à disposition d'une partie de son personnel durant l'essai et pour son soutien financier, et d'autre part, aux abattoirs qui ont bien voulu accueillir cette opération très lourde.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRANCHEID W., DOBROWOLSKI A., SACK E., 1990. Fleischwirtschaft, 70, 565-567.
- CAUSEUR D., 1993. La double régression. Université de Rennes I, Rennes, 55 p.
- CAUSEUR D., DAUMAS G., DHORNE T., 1993. Améliorer la précision de la prédiction du taux de muscle des carcasses de porc par un choix judicieux de la variable intermédiaire de composition corporelle en double régression. Document non publié.
- Commission des Communautés Européennes, 1985. J.O.C.E., L 285, 39-40.
- Commission des Communautés Européennes, 1989. J.O.C.E., L 20, 27-30.
- Commission des Communautés Européennes, 1990. Recherche concernant l'harmonisation des méthodes de classement des carcasses de porc dans la Communauté. Document VI/3860/89 Rév. 6.
- Commission des Communautés Européennes, 1992. J.O.C.E., L 39, 44-45.
- Commission des Communautés Européennes, 1993. J.O.C.E., L 115, 22-24.
- DAUMAS G., DHORNE T., 1993. Compte-rendu de l'essai réalisé en France en 1990 dans le cadre de la recherche concernant l'harmonisation des méthodes de classement des carcasses de porc dans la CEE.
- DAUMAS G., DHORNE T., GISPERT M., 1993. La prise en compte dans la C.E.E. de l'effet sexe sur la prédiction du taux de muscle des carcasses de porc. Document non publié.
- ENGEL B., WALSTRA P., 1991a. Biometrics, 47, 13-20.

- ENGEL B., WALSTRA P., 1991b. Statistical analyses of the dissection data concerning harmonization of methods for grading pig carcasses in the Community.
- SAS Institute Inc., 1988a. SAS<sup>®</sup> Language Guide for Personal Computers, Release 6.03 Edition, Cary NC : SAS Institute Inc., 558 p.
- SAS Institute Inc., 1988b. SASR Procedures Guide, Release 6.03 Edition, Cary NC : SAS Institute Inc., 441 p.
- SAS Institute Inc., 1988c. SAS/STATR Users' Guide, Release 6.03 Edition, Cary NC : SAS Institute Inc., 1028 p.
- SAS Institute Inc., 1991. SASR System for Regression, Second Edition, Cary NC : SAS Institute Inc., 210 p.
- SCHEPER J., SCHOLZ W., 1985. DLG-Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf. Arbeitsunterlagen DLG, Frankfurt/M.