

## Comparaison de différentes sondes à ultrasons pour la prédiction du rendement boucher

André FORTIN, Alan K.W. TONG, Wayne M. ROBERTSON

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lacombe, Alberta, Canada, T4L 1W1

### Comparaison des différentes sondes à ultrasons pour la prédiction du rendement boucher

Trois instruments à ultrasons permettant de prédire le rendement boucher des carcasses de porc ont été évalués: AutoFom (SFK Technology A/S, Herlev, DK), UltraFom 300 (SFK Technology A/S, Herlev, DK) et CVT-2 (AUS, Ithaca, NY, USA). La sonde optique HGP2 (Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ) a été employée comme instrument jalon. Deux échantillons de carcasses ont été employés pour évaluer les instruments: un échantillon pour calibrer les instruments ( $n=194$  [109 femelles et 85 castrats]) et un deuxième ( $n=72$  [40 femelles et 32 castrats]), indépendant du premier, pour valider la calibration faite à partir du premier échantillon. Le prélèvement des carcasses a été stratifié selon l'épaisseur de gras dorsal (mince, moyen, épais). Le poids de la carcasse n'a pas été un critère de sélection. Les valeurs de RMSE pour les modèles de calibration étaient: HGP2, 1,56 ; CVT-2, 1,57 ; UltraFom 300, 1,70 ; et AutoFom, 1,68. La procédure de validation des modèles de prédiction du rendement boucher a démontré que, pour les quatre instruments, le biais proportionnel ( $bias_p$ ) était différent de zéro ( $P<0,01$ ). On a détecté un ( $bias_p$ ) légèrement plus prononcé pour l'AutoFom (0,39) comparé au CVT-2 (0,21) ; le ( $bias_p$ ) était intermédiaire pour le HGP2 (0,30) et UltraFom 300 (0,33). Aucun biais systématique ( $bias_s$ ) n'a été observé ( $P>0,05$ ) pour chacun des quatre instruments. Enfin, la valeur du  $SEP_v$  (Standard Error of Prediction) était la plus basse pour le CVT-2 (1,621), la plus élevée pour UltraFom 300 (2,290), 2,052 pour l'AutoFom et 1,833 pour le HGP2. Donc, les résultats de la procédure de validation révèlent un léger avantage pour le CVT-2 un ( $bias_p$  moins prononcé, aucun  $bias_s$  et une valeur de  $SEP_v$  moindre). Les procédures de calibration et de validation ont démontré que, si on devait baser l'évaluation de ces instruments à ultrasons strictement sur la précision et l'exactitude pour prédire le rendement boucher, le progrès réalisé, comparé à la sonde optique HGP2, serait plutôt minimal, en particulier pour l'AutoFom. Cependant, l'avantage de ces instruments à ultrasons demeure une prise de mesure du gras dorsal et de la profondeur du muscle sans dommage de la carcasse. En outre, l'AutoFom, étant déjà un instrument entièrement automatisé et requérant une intervention humaine minimale, peut facilement être intégré dans les opérations d'une usine de transformation.

### Evaluation of different ultrasound instruments for the prediction of salable meat yield

Three commercially available ultrasound instruments were evaluated using pigs representative of the Canadian pig population: AutoFom, SFK Technology A/S, Herlev, DK; UltraFom 300, SFK Technology A/S, Herlev, DK; and CVT-2 System [3.5 MHz, 125 mm scanning guide], AUS Ithaca, NY, US. The reflectance probe HGP2 (Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ) was utilized as the baseline instrument. Sampling was stratified by fat thickness (thin, average and fat). Two data sets were used: a calibration set ( $n=194$  [85 barrows and 109 gilts]) to calibrate the instruments and a validation set ( $n=72$  [32 barrows and 40 gilts]), independent of the first one, to validate the calibration models. For the prediction of salable meat yield, the RMSE values for the calibration models were: HGP2, 1.56; CVT-2, 1.57; UltraFom 300 1.70 and AutoFom, 1.68. The validation procedure showed that, for all four instruments, the proportional bias ( $bias_p$ ) was significantly different from zero ( $P<0.01$ ). The AutoFom exhibited a slightly more pronounced  $bias_p$  (0.39) compared to the CVT-2 (0.21); the  $bias_p$  for the HGP2 and UltraFom 300 was intermediate (0.30 and 0.33, respectively). No systematic bias ( $bias_s$ ) was detected ( $P>0.05$ ) for all four instruments. Finally, the Standard Error of Prediction ( $SEP_v$ ) was the lowest for the CVT-2 (1.621), the highest for the UltraFom 300 (2.290), 2.052 for the AutoFom and 1.833 for the HGP2. Hence, insofar as the prediction of salable meat yield, the validation procedure revealed a slight advantage for the CVT-2 (a less pronounced  $bias_p$ , no  $bias_s$  and a lower  $SEP_v$ ). Calibration and validation procedures showed that, if one is to base the assessment of these ultrasound instruments strictly on the precision and accuracy for predicting salable meat yield, the improvement over the baseline reflectance probe HGP2 would be considered rather minimal, particularly for the AutoFom. However, the major advantage of these ultrasound instruments is they are non-invasive. Furthermore, the AutoFom, being already fully automated and requiring minimal human intervention, can easily be integrated into the operation of a processing plant in order to fully use the information generated at the time of grading.

## INTRODUCTION

Au Canada, l'introduction en 1968 d'un système de classification des carcasses de porc impliquant le poids de carcasse et une mesure (réglette) de l'épaisseur de gras dorsal ainsi que d'autres développements pendant les années 80 (introduction des sondes optiques et la mesure de la profondeur du muscle de la longe) ont eu un impact dramatique sur l'industrie canadienne de porc ; la précision de la prédiction du rendement boucher s'étant améliorée de l'ordre de 14 à 17 %. Ainsi, l'écart-type résiduel (RMSE) est passé de 2,6 % pour la réglette à 2,1-2,2 % pour les sondes optiques (FORTIN, 1989). Durant la dernière décennie, une nouvelle génération d'instruments à ultrasons a été développée: par exemple, l'AutoFom (SFK Technology A/S, Herlev, DK), UltraFom 300 (SFK Technology A/S, Herlev, DK) et CVT-2 (AUS, Ithaca, NY, USA), pour ne nommer que ces trois instruments, sont maintenant disponibles.

L'objectif de cette étude était donc d'évaluer dans le contexte canadien cette nouvelle génération d'instruments à ultrasons: à savoir l'AutoFom, UltraFom 300 et le CVT - 2. De plus, dans cette étude, la sonde HGP2 (Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ) a servi d'instrument jalon.

### 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Généralement, les instruments de classification sont évalués sur l'exactitude et la précision de leur équation respective pour prédire le rendement boucher. Le calibrage d'un instrument se fait à partir d'un échantillon de carcasses provenant de la population sur laquelle l'équation de prédiction sera apposée. Des paramètres statistiques tels que le RMSE (Root Mean Square Error) et les  $R^2$  (coefficient de détermination ajusté) sont employés pour évaluer ces équations. Si ces paramètres correspondent aux critères des normes nationales, l'instrument est alors certifié pour usage dans le système national de classification: le postulat justifiant cette procédure de calibration étant que les équations produites à partir d'un échantillon de carcasses représentantes de la population pourraient aussi bien s'appliquer à n'importe quel porc en provenance de cette population. Cependant, dans la plupart des cas, ce postulat n'a jamais été vérifié.

Par conséquent, dans cette étude, deux échantillons de carcasses ont été employés pour évaluer les instruments à ultrasons: un échantillon pour calibrer les instruments (développement d'une équation de prédiction du rendement boucher) et un deuxième, indépendant du premier, pour valider la calibration faite à partir du premier échantillon.

### 1.1. Echantillonnage des carcasses

Les échantillons pour la calibration et la validation sont composés de 194 porcs (109 femelles et 85 castrats) et 72 carcasses (40 femelles et 32 castrats), respectivement (tableau 1). Le prélèvement des carcasses a été stratifié selon le gras dorsal (mince, moyen, épais) pour assurer des calibrations stables et robustes. Les bornes de la strate de gras moyen ont été définies comme suit: moyenne de la population canadienne  $\pm 0,50$  écart-type. Le poids de la carcasse n'a pas été un critère de sélection (ENGEL et al 2003).

Pour le trimestre précédant l'étude, l'épaisseur moyenne du gras dorsal et l'écart-type pour les porcs commerciaux abattus en Alberta, Canada, étaient de 19,2 mm et 3,75 mm, respectivement (Western Hog Exchange, Alberta, Canada). Le poids moyen de la carcasse était 89,9 kg (écart-type : 5,64 kg).

### 1.2. Instruments de classification utilisés

Trois instruments à ultrasons (AutoFom [SFK Technology A/S, Herlev, DK], UltraFom 300 [SFK Technology A/S, Herlev, DK] et CVT-2 [{3,5 MHz, 125 mm} AUS, Ithaca, NY, USA] ont été évalués. La sonde optique HGP2 (Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ) a été employée comme instrument jalon. Pour chaque instrument, le même opérateur agréé a été employé durant l'étude entière. Les opérateurs de l'AutoFom, UltraFom 300 et du CVT-2 ont été formés par les fournisseurs respectifs.

### 1.3. Collecte des données

Les mesures suivantes ont été prises : **AutoFom** : balayage de la carcasse selon les instructions du fournisseur, **UltraFom 300** : épaisseur du gras dorsal et profondeur du muscle (*m. longissimus*) mesurées entre la 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> dernières côtes à 7 cm de la fente et perpendiculairement à la couenne, **CVT-2** : épaisseur du gras dorsal (moyenne de cinq mesures) et profondeur du muscle (moyenne de cinq mesures) mesurées à 5 cm de la fente de la carcasse sur une distance de 125 cm centrée à la dernière côte, **HGP2** : épaisseur du gras dorsal et la profondeur du muscle (*m. longissimus*), mesurées entre la 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> dernières côtes à 7 cm de la fente et perpendiculairement à la couenne.

Le jour suivant l'abattage, la découpe et dissection ont été réalisées sur le côté gauche de chaque carcasse selon la méthode décrite par FORTIN et al (2003). Le rendement boucher est obtenu comme suit :

$100 * \{(\text{muscles du picnic, soc, jambon et longe}) + \text{flanc}$

Tableau 1 - Nombre de carcasses

Épaisseur de gras dorsal <sup>a</sup>	Échantillon de Calibration (n=194)		Échantillon de Validation (n=72)	
	Femelles	Castrats	Femelles	Castrats
< 17,3 mm	73	16	24	8
17,3-21,0 mm	25	40	12	13
> 21,0 mm	11	29	4	11

<sup>a</sup> Épaisseur de gras dorsal mesurée avec le HGP2 (Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ)

commercial (sans couenne) + côtes levées}/ poids froid du côté disséqué.

## 1.4. Analyses statistiques

### 1.4.1. Calibration

Les modèles de prédiction du rendement boucher pour le HGP2, UltraFom 300 et CVT-2 ont été obtenus par régression classique (STEEL et TORRIE, 1980). Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System version 8,2, SAS Institute, Cary, NC, USA). Pour l'AutoFom, le modèle a été produit par la méthode des 'Partial Least Squares' dans laquelle le choix de variables a été fait en utilisant un procédé de contre vérification avec 20 groupes de 9 à 10 carcasses. Le logiciel UNSCRAMBLER 7,6 (CAMO, Trondheim, Norvège) a été utilisé pour produire le modèle.

### 1.4.2. Validation

Pour valider les modèles de calibration, les paramètres suivants ont été examinés : 1) biais systématique :  $Biais_s = \sum(\hat{Y} - Y_m) / n$  où  $\hat{Y}$  est le rendement boucher prédit par le modèle de calibration,  $Y_m$  le rendement boucher déterminé par la découpe et dissection du côté et  $n$  le nombre de carcasses, 2) biais proportionnel :  $Biais_p = 1 - b$  où  $b$  est la pente de la régression linéaire entre le rendement boucher prédit ( $\hat{Y}$ ) et le rendement boucher déterminé par la découpe et dissection

$$[\hat{Y} = a + bY_m],$$

$$3) MSPE_V \text{ où } MSPE_V = \sum(\hat{Y} - Y_m)^2 / n$$

$$\text{et } 4) SEP_V \text{ où } SEP_V = \{\sum(\hat{Y} - Y_m)^2 / (n-1)\}^{1/2}.$$

## 2. RÉSULTATS

Les mesures obtenues à partir du HGP2, UltraFom 300 et CVT-2 sont présentées dans le tableau 2. Pour l'AutoFom,

cependant, les mesures de gras et de muscle dérivées des images issues du balayage des carcasses n'ont pas été fournies par le fabricant.

Pour le HGP2, UltraFom 300 et CVT-2, plusieurs modèles de calibration ont été étudiés correspondant aux combinaisons des variables utilisées (termes linéaires, quadratiques et d'interaction). Le modèle linéaire suivant pour prédire le rendement boucher a été retenu:

Rendement boucher =

$$a + b*(\text{gras dorsal}) + c*(\text{profondeur du muscle})$$

Une étude canadienne récente (POMAR et al 2001) a également démontré que le modèle linéaire pour prédire le rendement boucher était judicieux.

Finalement, pour l'AutoFom, un modèle de prédiction constitué de 36 variables (27 mesures de gras et 9 mesures du muscle) a été retenu suite aux analyses 'Partial Least Squares' effectuées avec le logiciel UNSCRAMBLER 7,6.

### 2.1. Calibration

Les paramètres de calibration,  $R^2$  et RMSE, attribués à

**Tableau 3** - Paramètres de calibration ( $R^2$  et RMSE) attribués à chaque modèle de prédiction du rendement boucher (AutoFom, UltraFom 300, CVT-2 et HGP2)

Instrument	$R^2$	RMSE <sup>d</sup>
HGP2 <sup>a</sup> (gras** et muscle**)	0,74	1,56
CVT-2 <sup>b</sup> (gras moyen** profondeur moyenne de muscle**)	0,75	1,57
UltraFom 300 <sup>c</sup> (gras** et muscle*)	0,71	1,70
AutoFom <sup>c</sup> (modèle de 36 variables)	0,75	1,68

<sup>a</sup> Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ

<sup>b</sup> AUS, Ithaca, NY, USA    <sup>c</sup> SFK Technology A/S, Herlev, DK

\*\*  $P < 0,01$ , \*  $P < 0,05$

**Tableau 2** - Moyennes et écarts-type de l'épaisseur de gras dorsal et de la profondeur de muscle

Variables	Échantillon de calibration		Échantillon de validation	
	Moyen	Écart-type	Moyen	Écart-type
HGP2 <sup>a</sup>				
Épaisseur de gras dorsal (mm) 3 <sup>ième</sup> et 4 <sup>ième</sup> dernières côtes	17,9	3,79	1,1	4,23
Profondeur de muscle (mm) 3 <sup>ième</sup> et 4 <sup>ième</sup> dernières côtes	52,1	5,95	52,4	6,41
CVT-2 <sup>b</sup>				
Épaisseur de gras dorsal (mm)	18,7	4,46	19,1	5,36
Profondeur de muscle (mm)	57,0	5,35	57,4	5,40
UltraFom 300 <sup>c</sup>				
Épaisseur de gras dorsal (mm) 3 <sup>ième</sup> et 4 <sup>ième</sup> dernières côtes	17,0	4,23	17,2	5,04
Profondeur de muscle (mm) 3 <sup>ième</sup> et 4 <sup>ième</sup> dernières côtes	57,2	6,78	57,3	6,99
Rendement boucher (%)	59,8	3,12	59,7	3,74
Poids de carcasse (kg)	90,0	8,20	90,2	8,65

<sup>a</sup> Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ

<sup>b</sup> AUS, Ithaca, NY, USA

<sup>c</sup> SFK Technology A/S, Herlev, DK

chaque modèle de calibration (AutoFom, UltraFom 300, CVT-2 et HGP2), sont présentés dans le tableau 3. Les résultats du HGP2 sont fournis puisqu'au Canada le HGP2 a été utilisé comme instrument jalon depuis l'introduction des sondes optiques en 1986 (FORTIN, 1989 ; 2000). Le modèle de calibration du CVT-2 rivalise favorablement avec celui du HGP-2: RMSE : 1,57 % contre 1,56 %, respectivement. Cependant, il était sensiblement supérieur aux modèles de calibration proposés pour l'AutoFom et UltraFom 300 : RMSE : 1,68 % et 1,70 %, respectivement. POMAR et al (2001), dans une étude comparant le HGP2 et CVT-2, ont eux aussi rapporté la même observation. Par contre, BRANDSCHEID et al (1997) et BRØDUM et al (1998) ont démontré un avantage marqué de l'AutoFom sur la sonde optique FOM. Ces auteurs ont attribué cet avantage aux nombres élevés de mesures (3200 positions) et à l'automatisation de l'AutoFom. Cependant, dans un récent exposé, BRANDSCHEID et al (2004) n'ont rapporté aucune supériorité de l'AutoFom sur la sonde optique FOM.

Dans notre étude, les modèles développés pour l'UltraFom 300, CVT-2 et HGP2, ont deux variables : l'épaisseur de gras dorsal et la profondeur du muscle tandis que pour l'AutoFom, le modèle contient 36 variables : 26 mesures de gras dorsal et 9 mesures de profondeur du muscle (SFK Technology A/S, Herlev, DK, Communication personnelle). Il est important de noter, cependant, que toutes ces mesures ont été prises dans la région de la longe. Il est donc fort possible que la forte corrélation qui existe entre ces mesures, toutes prises dans la région de la longe, neutralise le bénéfice d'inclure plus d'une mesure de gras dorsal et de profondeur du muscle.

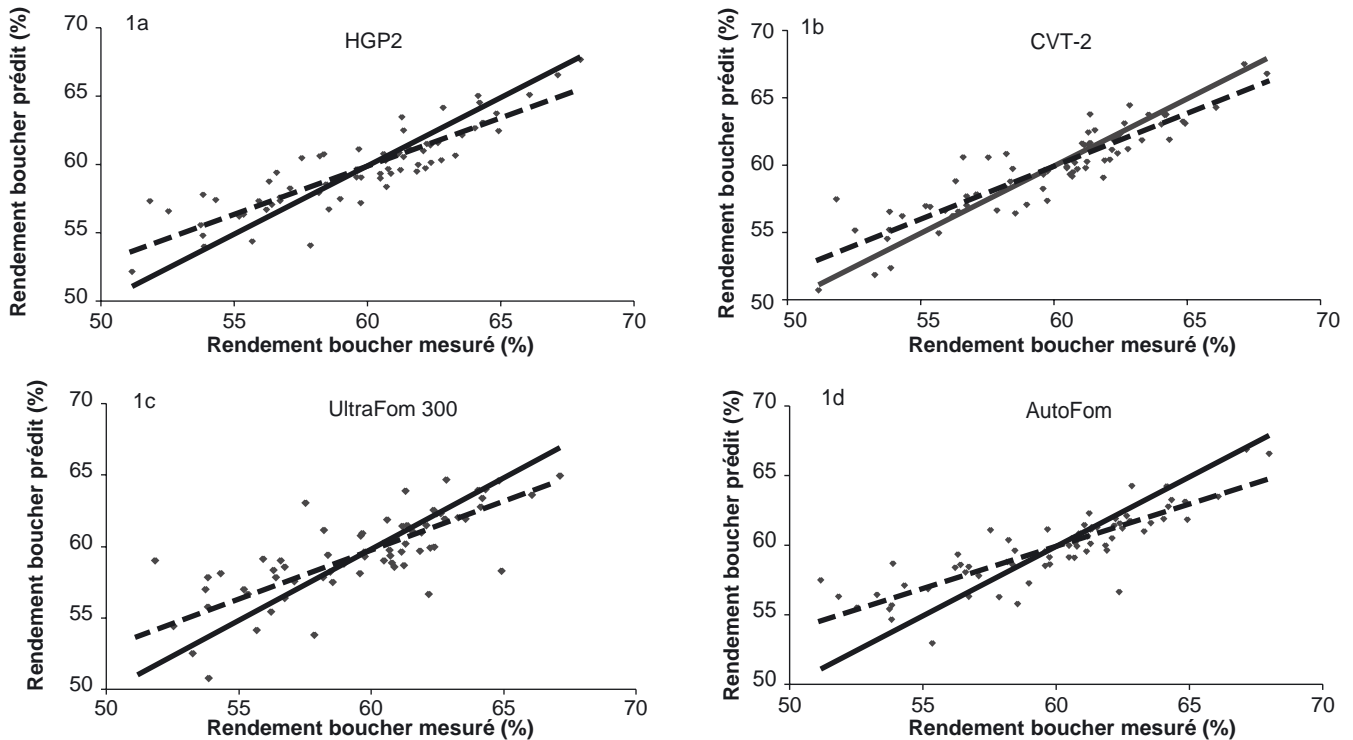
## 2.2. Validation

Dans le tableau 4, les paramètres de validation pour les modèles de prédiction du rendement boucher attribués à l'AutoFom, UltraFom 300, CVT-2 et HGP2 sont présentés.

**Tableau 4** - Paramètres de validation des modèles de calibration attribués à l'AutoFom, UltraFom 300, CVT-2 et HGP2 et le rapport entre le rendement boucher prédit ( $\hat{Y}$ ) et le rendement boucher mesuré ( $Y_m$ )

Instrument	Biais <sub>s</sub>	Biais <sub>p</sub>	$\hat{Y} = a + bY_m$				
			a	b	SEP <sub>v</sub>	MSPE <sub>v</sub>	R <sup>2</sup>
HGP2 a	-0,03(0,22) <sup>ns</sup>	0,30**	15,50 (2,901 <sup>d</sup> )	0,70 (0,048 <sup>d</sup> )	1,833	3,312	0,70
CVT-2 b	-0,01 (0,19) <sup>ns</sup>	0,21**	12,71 (2,707)	0,79 (0,045)	1,621	2,590	0,79
UltraFom c	-0,11(0,27) <sup>ns</sup>	0,33**	19,78 (3,829)	0,67 (0,064)	2,290	5,174	0,67
AutoFom c	0,003 (0,24) <sup>ns</sup>	0,39**	23,51 (2,798)	0,61 (0,047)	2,052	4,152	0,61

<sup>a</sup> Hennessey Grading Systems Ltd, Auckland, NZ    <sup>b</sup> AUS, Ithaca, NY, USA    <sup>c</sup> SFK Technology A/S, Herlev, DK    <sup>d</sup> Écart-type  
\*\* P<0,01, \* P<0,05, ns P>0,05



**Figure 1** - Rapport entre le rendement boucher prédit et le rendement boucher mesuré pour les 4 instruments : le trait plein représente un rapport théorique parfait entre le rendement boucher prédit ( $\hat{Y}$ ) et le rendement boucher mesuré ( $Y_m$ ) ( $\hat{Y} = a + bY_m$  où  $a = 0$ ,  $b = 1$ ) tandis que le trait cassé représente le rapport observé entre le rendement boucher prédit ( $\hat{Y}$ ) et le rendement boucher mesuré ( $Y_m$ ) ( $\hat{Y} = a + bY_m$  où  $a \neq 0$ ,  $b \neq 1$ )

Pour tous les instruments, le biais proportionnel ( $Biais_p$ ) était différent de zéro ( $P < 0,01$ ) : 0,39 pour l'AutoFom et 0,21 pour le CVT-2 ; le HGP2 et UltraFom 300 étant intermédiaire, 0,30 et 0,33.

La figure 1 illustre le rapport entre le rendement boucher prédit et le rendement boucher mesuré pour les 4 instruments. Pour les quatre instruments, on note une surestimation du rendement boucher chez les carcasses grasses (carcasses au rendement boucher bas) et une sous-estimation du rendement boucher chez les carcasses maigres (carcasses au rendement boucher élevé).

Cependant, bien qu'un  $biais_p$  ait été décelé pour chaque instrument, aucun ( $P > 0,05$ ) biais systématique ( $biais_s$ ) n'a été détecté (tableau 4). Enfin, le  $SEP_V$  était le plus bas pour le CVT-2 (1,621), le plus élevé pour l'UltraFom 300 (2,290) et intermédiaire pour le HGP2 et AutoFom (1,833 et 2,052, respectivement).

Bien que la procédure de validation des modèles de prédiction du rendement boucher ait démontré que les quatre instruments pouvaient fournir un degré élevé d'exactitude ( $SEP_V$  de l'ordre de 1,621 à 2,290 et l'absence de tout biais systématique) la présence d'un  $biais_s$  proportionnel est cause d'inquiétude. FORTIN et al (1984) ont rapporté une sous-estimation progressive de l'épaisseur du gras dorsal mesurée par sonde optique comparée à la mesure par règle à mesure que l'épaisseur de gras dorsal augmente. Plus récemment, POMAR et al (2002) qui ont comparé les mesures de gras dorsal prises avec des sondes optiques (HGP2 et CVT-2) et caméra, ont aussi observé une légère surestimation pour les mesures petites et une sous-estimation démarquée pour les mesures grandes. Donc, l'introduction d'une surestimation

pour les mesures minces de gras dorsal ou sous-estimation pour les mesures épaisses de gras dorsal dans le modèle pour prédire le rendement boucher pourrait ainsi expliquer le biais proportionnel des modèles observé dans notre étude. Il semblerait donc que la technologie présentement utilisée pour classer les carcasses de porc a une carence fondamentale.

## CONCLUSIONS

Avec l'introduction dans le milieu des années 80 des sondes optiques pour la classification des carcasses de porcs, l'exactitude et la précision de la prédiction du rendement boucher, une des composantes de tous systèmes de classification, a été améliorée. Depuis lors, de nombreuses tentatives pour améliorer l'exactitude et la précision ont été réalisées: le développement des instruments à ultrasons étant l'une d'entre elles. Dans notre étude, trois instruments à ultrasons, AutoFom, UltraFom 300 et CVT-2, ont été évalués et comparés à la sonde HGP2, la sonde optique traditionnellement utilisée dans les études canadiennes comme sonde jalon.

Les procédures de calibration et de validation ont démontré que, si on devait baser l'évaluation de ces instruments à ultrasons strictement sur la précision et l'exactitude pour prédire le rendement boucher, le progrès réalisé, comparé à la sonde optique HGP2, serait plutôt minimal, en particulier pour l'AutoFom. Cependant, l'avantage de ces instruments à ultrasons est que la prise de mesures du gras dorsal et de la profondeur du muscle peut se faire sans aucun dommage sur la carcasse. En outre, l'AutoFom, étant déjà un instrument entièrement automatisé et exigeant une intervention humaine minimale, peut facilement être intégré dans l'opération d'une usine de transformation.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRANDSCHEID W., DOBROWOLSKI A., HÖRETH R. 1997. *Fleischwirtschaft*, 77(7), 619-622
- BRANDSCHEID W., HÖRETH R., BAULAIN U., THOLEN E., DOBROWOLSKI A., 2004. *Fleischwirtschaft* (sous presse).
- BRØDUM J., EGEBO M., AGERSKOV C., BUSK H., 1998. *J. Anim. Sci.* 76, 1859-1868.
- ENGEL B., BUIST W. G., WALSTRA P., OLSEN E., DAUMAS G., 2003. *Anim. Prod.*, 76, 199-209.
- FORTIN A., JONES S.D.M., HAWORTH C. 1984. *Anim. Prod.* 38, 507-510.
- FORTIN A., TONG A.K.W., ROBERTSON W.M., ZAWADSKI S.M., LANDRY S.J., ROBINSON D.J., LIU T., MOCKFORD R.J., 2003. *Meat Sci.* 63, 451-462.
- FORTIN A. 1989. Electronic grading of pig carcasses: The Canadian experience. In J.F. O'Grady (Eds.) *New Techniques in Pig Carcass Evaluation*. Proceedings of the European Association of Animal Production-Symposium of the Commission on pig production (EAAP Publication N° 41, pp 75-85). Helsinki, Finland.
- FORTIN A., 2000. A research/science perspective on grading pork carcasses. *Proceeding of the symposium on National Direction for Hog Grading* (13 pp). Québec, Canada. Canadian Meat Council/Canadian Meat science Association.
- POMAR C., FORTIN A., MARCOUX M., 2001., *Journées Rech. Porcine en France*, 33, 71-77.
- POMAR C., FORTIN A., MARCOUX M., 2002., Estimation du rendement boucher des carcasses de porc à l'aide de différentes méthodologies de mesure de l'épaisseur de gras et du muscle dorsal, ainsi que l'absorbance aux rayons X à deux niveaux d'énergie. Rapport final (105 p). Québec, Canada.
- STEEL R.G.D, TORRIE J.H. 1980., *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. (2<sup>ième</sup> éd.) Toronto, Canada. McGraw-Hill Book Company.