



Actuellement, l'état d'engraissement des carcasses de bovins est évalué en fin de ligne d'abattage par un classificateur agréé. Depuis quelque temps, une machine à classer est disponible, elle est installée dans plusieurs abattoirs français.

Toutefois, si les résultats de la machine à classer sont très satisfaisants en ce qui concerne l'évaluation de la conformation, ils le sont un peu moins pour l'évaluation de l'état d'engraissement.

Par ailleurs, les méthodes actuelles de classement des carcasses utilisées en Europe consistent à évaluer l'état d'engraissement externe sur la base d'une grille d'évaluation comportant 5 classes. Cependant, la répartition entre le gras externe et le gras interne est variable selon les animaux, la race, la méthode d'engraissement...

Outre le fait que le classement tel qu'il est réalisé actuellement dans la plupart des abattoirs est subjectif et peut varier selon le classificateur, cette méthode d'évaluation, de même que la machine à classer ne permet pas de prédire la quantité de gras contenu dans la carcasse (gras interne notamment) et a fortiori le rendement de découpe.

Ce programme financé par Interbev et Ofival, avait pour objectif de faire un état des lieux des méthodes de mesure de l'état d'engraissement et de prédiction du rendement en découpe, dans les deux domaines suivants :

- méthodes de mesure de l'état d'engraissement et de prédiction des rendements de découpe ;
- biométrie.

*Travaux réalisés dans le cadre d'un financement Interbev et de l'aide au développement technologique de l'Ofival.*

## État d'engraissement des carcasses

# Différentes méthodes de mesure

**Plusieurs méthodes de mesure de l'état d'engraissement des carcasses sont disponibles pour suppléer les classificateurs agréés de façon automatisée. Certaines études montrent la possibilité de prédire le rendement de découpe des carcasses de bovins.**

Science et technique

THOMAS E.

ADIV  
2 rue Chappe  
63039 CLERMONT-FD cedex 2



## DE TRÈS NOMBREUX TRAVAUX

Les méthodes de mesure de l'état d'engraissement et de prédiction des rendements ont fait l'objet de très nombreux travaux qui concernent :

- les animaux vivants, les carcasses et la découpe :

De nombreux travaux ont été effectués, soit pour prévoir l'état d'engraissement des carcasses à partir de mesures sur l'animal vivant, soit pour prévoir les rendements de découpe à partir de mesures sur les carcasses.

- le gras, le maigre, les os :

Certains travaux concernent uniquement la mesure du gras, d'autres ont pour objectif de mesurer les principaux éléments de la composition corporelle.

- les différentes espèces :

Des travaux ont été faits sur les différentes espèces de boucherie (gros bovins, veaux, moutons, porcs et même volailles).

Il est également important de signaler que de nombreux travaux ont été faits dans le domaine médical pour mesurer la composition corporelle du corps humain.

## DEUX GRANDS TYPES DE CLASSIFICATION

En Europe, la classification des carcasses est effectuée selon une grille d'évaluation pour la conformation et pour l'état d'engraissement.

## PEU DE RELATION ENTRE CLASSEMENT EUROP ET RENDEMENT...

Tableau 1 :... NI POUR LES VACHES...

	Classe II			Classe III		
	1/2	Avant	Arrière	1/2	Avant	Arrière
Rendement désossage	87,51	89,80	85,53	87,67	89,63	86,02
Rendement parage	75,70	80,40	71,40	74,80	78,50	70,80
Rendement morceaux nobles	43,10	22,90	62,50	42,40	21,80	62,10
Rendement bas morceaux	32,60	45,90	10,67	32,06	54,40	9,00

*Carcasses de vaches*

*Effet de l'état d'engraissement sur les rendements*

Tableau 2 :... NI POUR LES TAURILLONS

	Classe II			Classe III		
	1/2	Avant	Arrière	1/2	Avant	Arrière
Rendement désossage	88,4	90,5	86,4	88,3	90,5	86,3
Rendement parage	78,0	81,7	74,4	76,9	80,6	73,3
Rendement morceaux nobles	44,3	24,3	64,9	43,8	23,8	66,5
Rendement bas morceaux	33,7	57,3	9,5	33,2	56,7	9,1

*Carcasses de taurillons*

*Effet de l'état d'engraissement sur les rendements*

Différentes études montrent qu'il n'y a pas ou peu de relations entre le classement carcasse et le rendement aux différentes étapes du process (cf. tableaux 1 et 2).

Aux USA, la classification des carcasses de bovins est basée sur un système un peu plus compliqué com-

prenant 2 critères d'évaluation :

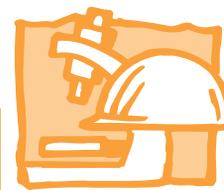
- la classe :  
Les normes américaines distinguent 5 classes de carcasses : steers (jeune bœuf), bullock (bœuf), bulls (taureaux), heifers (génisses) et cows (vaches).

- la catégorie (grades of carcass).

Photo 1 : LES IMAGES DES CAMÉRAS SONT COMPARÉES À UN CLASSEMENT DE RÉFÉRENCE



*Vues successives de la machine à classer NormaClass (source : NormaClass)*



La catégorie est subdivisée en 2 sous-catégories :

- **yield grade** : c'est une note de rendement censée représenter le rendement que l'on pourra obtenir en découpe sur les pièces de demi gros dégraissées (1/2 pouce maximum de gras externe). Elle s'échelonne de 1 à 5 et dépend de la taille de la noix d'entrecôte et de l'épaisseur de gras au niveau de la 12e côte.
- **quality grade** : il s'agit d'une évaluation de la qualité en fonction de la maturité physiologique (ossification des cartilages), du persillé (marbling), de la couleur et de la texture de la noix d'entrecôte.

Les pays d'Amérique du Sud (Argentine, etc,...) utilisent un système de classement des carcasses similaire à celui utilisé en Europe (différentes classes pour la conformation et l'état d'engraissement).

Quant aux pays anglo-saxons de la zone Pacifique (Australie, Nouvelle-Zélande), ils utilisent un système équivalent à celui des États Unis.

#### QUATRE TYPES DE MACHINES À CLASSER

Grâce aux progrès technologiques notamment dans le domaine de l'analyse d'images vidéo, des machines ont été développées pour classer les carcasses.

Quatre machines de classement sont actuellement disponibles :

- la machine à classer NormaClass ;
- la machine BCC2 développée par le Danish Meat Research Institute et commercialisée par la société SFK ;
- le Viascan Carcass System commercialisé par Meat and Livestock Australia ;
- le VBS 2000 commercialisé par la société allemande E + V.

La machine NormaClass de conception française est basée sur un système d'analyse d'images développé dans le but de classer les carcasses en fonction de leur conformation et en fonction de leur état d'engraissement en notes de 1 à 5.

L'appareil se compose de 6 caméras devant lesquelles passent les demicarcasses. Les caméras prennent plusieurs vues et les images sont stockées et numérisées puis comparées à un classement de référence (cf. photo 1).



Photo 2

Principe du système BCC2  
(source : SFK)



Photo 3

Principe de fonctionnement du VBS 2000  
(Source : E + V)

Plusieurs données importantes sont extraites de l'image puis combinées avec le poids afin de prédire le taux de gras et la conformation.

La machine à classer fonctionne en continu sans intervention et s'adapte à la vitesse de la chaîne d'abattage, de 60 à environ 90 bêtes/heure.

Le Viascan Carcass System fonctionne selon le même principe que celui de la machine à classer puisqu'il enregistre des mesures prises sur la carcasse au moyen de caméras et prédit le rendement de découpe immédiatement après abattage.

La méthode utilisée par les systèmes BCC2 et VBS 2000 consiste à éclairer la carcasse avec une série de raies

lumineuses et à analyser la déformation des raies sur la carcasse grâce à des caméras et à un système d'analyse d'image (cf. photos 2 et 3).

La mesure de l'état d'engraissement est basée sur l'analyse de la couleur comme pour la machine NormaClass. Les données des images sont ensuite évaluées avec un logiciel spécial de traitement de données qui permet de classer les carcasses et d'estimer le rendement de découpe.

La société E + V a également développé un système d'évaluation automatique des carcasses de porc s'intégrant dans la ligne d'abattage : le VCS 2000 (cf. photo 4).

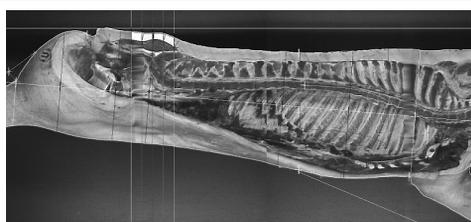


Photo 4

Principe de fonctionnement du VCS 2000  
(Source : E + V)



Le système est composé de 3 appareils photo permettant l'acquisition de la silhouette du porc. Tout comme le système VBS 2000, le traitement des données par un logiciel adapté permet de fournir des indications sur le rendement de découpe et le poids de certaines pièces telles que le jambon, l'échine,...

Ce même type de machine existe également pour classer les ovins : le VSS 2000 et pour les volailles : le VTS 2000.

### DE 91 À 97 % DE SIMILITUDE ENTRE MACHINE ET CLASSIFICATEUR

Diverses études ont été réalisées par des organismes de recherche ou au niveau de la Commission Européenne pour comparer les performances des machines à classer. Les résultats montrent que ces machines sont très performantes pour mesurer la conformation puisque le pourcentage de carcasses ayant été classées de la même façon par les machines et les classificateurs varie de 91 à 97 % selon les machines et les essais.

La mesure de l'état d'engraissement est un peu moins satisfaisante avec un pourcentage de 68,3 % à 87,7 %. Concernant la prédiction du rendement, les résultats disponibles semblent indiquer un coefficient de corrélation de 0,84 à 0,87 entre la prédiction de la machine et la quantité réelle de viande désossée.

### PLUS DE 115 000 EUROS D'INVESTISSEMENT

L'investissement financier pour des machines à classer est relativement élevé.

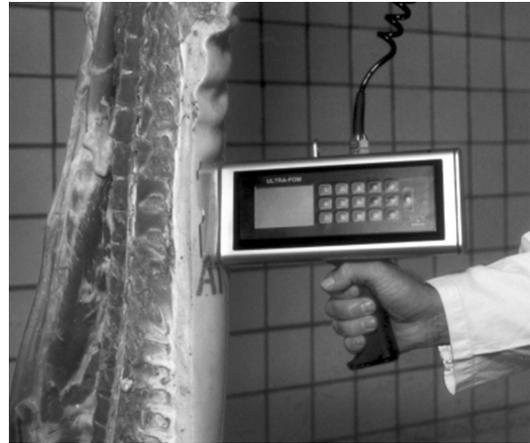
En plus du coût à l'achat, ces systèmes impliquent parfois une adaptation et donc une réorganisation de la chaîne d'abattage et par conséquent un investissement supplémentaire non négligeable.

### LES SYSTÈMES ULTRASONS

La mesure de l'état d'engraissement par les ultrasons a fait l'objet de nombreux travaux, différents systèmes ont été développés et sont d'ores et déjà utilisés pour les carcasses de porcs au stade industriel. Parmi ces systèmes, on peut citer :

- L'Ultra Fom (Société SFK). (Cf. photo 5).

### Photo 5 : MESURER L'ÉTAT D'ENGRASSEMENT PAR ULTRASONS EN MANUEL



Ultra Fom (Source : SFK)

### Figure 1 : UNE MESURE AUTOMATISÉE PAR ULTRASONS

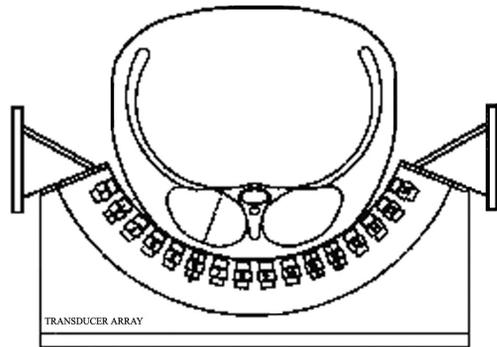


Schéma de principe de l'Auto Fom

Il s'agit d'un appareil manuel qui est appliqué sur les carcasses et qui envoie un train d'ondes ultrasoniques à l'intérieur de celles-ci. Quand l'onde ultrason rencontre une interface entre des tissus de densité différente (par exemple entre la graisse et le muscle), l'écho est renvoyé au capteur. L'intervalle de temps entre l'onde et l'écho permet de calculer l'épaisseur de graisse et de muscle. Le système fournit également le pourcentage de maigre dans la carcasse.

- L'Auto Fom (Société SFK). (cf. figure 1).

Il s'agit d'un appareil entièrement automatique qui permet de mesurer l'état d'engraissement des carcasses. Cet appareil est basé sur la mesure de la vitesse de propagation des ultrasons qui est différente dans les tissus gras et les tissus maigres. Cette méthode permet de prendre en compte les différents types de gras

traversés au niveau des sites choisis : les gras sous-cutanés, les gras intermusculaires et les gras intramusculaires.

Dans le cas des porcs, ces appareils fonctionnent bien car la séparation des tissus gras et maigres est beaucoup plus nette que chez les autres espèces.

### DES PERFORMANCES MOINDRES CHEZ LES BOVINS ET LES OVINS

Pour les bovins et les ovins, plusieurs expérimentations ont été réalisées pour savoir s'il était possible de prévoir les épaisseurs de gras de couverture et la surface de la noix d'entrecôte ainsi que les rendements en découpe en fonction de mesures ultrasoniques faites sur les animaux vivants.

Ces résultats montrent que la capacité des ultrasons à prédire la qualité de la carcasse est variable et dépend, entre



autre, de l'espèce, de l'instrumentation employée et de la compétence du technicien. (cf. tableau 3).

Si les résultats sont satisfaisants dans le cas du porc, ils sont un peu plus limités dans le cas de l'agneau.

Dans le cas du bœuf, les ultrasons ont été utilisés, avec succès parfois, pour prédire la teneur en graisse, les caractéristiques du muscle avant abattage et la composition chimique des carcasses de bœuf. (cf. tableau 4).

Toutefois, les résultats obtenus sont très variables d'une étude à l'autre, les systèmes ultrasons permettraient une bonne prédiction de l'épaisseur de gras sur la carcasse mais ne seraient pas très efficaces pour prédire la surface de la noix d'entrecôte et d'une manière plus générale le rendement de découpe.

Par ailleurs, la capacité à prédire le persillé reste incertaine et nécessite quelques améliorations.

Quoi qu'il en soit, il existe peu d'études sur l'utilisation des ultrasons sur les carcasses de bovins à l'abattoir pour prédire les rendements en découpe. Les informations obtenues auprès des fournisseurs d'équipements semblent montrer que ce système ne peut pas être utilisé sur les bovins pour prédire le rendement en découpe.

Les systèmes développés dans le cas des porcs ont des tarifs plus ou moins élevés. L'Ultra Fom par exemple a l'avantage d'être économique, extrêmement robuste et ne demande que très peu de service et d'entretien. Il s'adapte à une cadence d'environ 1200 carcasses/h. L'Auto Fom présente un coût de 305000 € environ mais comporte de nombreux avantages puisqu'il est automatique, rapide et objectif. De plus, les systèmes ultrasons présentent également l'avantage d'être non invasif ce qui réduit les possibilités d'inoculer des bactéries.

### LA RÉFLECTANCE FONCTIONNE BIEN SUR LE PORC

Plusieurs appareils ont été développés sur le principe de réflectance. Il s'agit de mesurer la différence de réflectance entre muscles et tissus adipeux, à une longueur d'onde déterminée, pour localiser les limites entre ces tissus. Plusieurs appareils ont été développés sur ce principe: le Fat-O-Meater de

**Tableau 3 : UNE GRANDE VARIABILITÉ DANS LA PRÉDICTION**

Espèce	Mesures (R)	Coefficient de corrélation
Porc	Épaisseur de gras	0,20 à 0,94
	Surface du faux-filet	0,27 à 0,93
Mouton	Épaisseur de gras	0,42 à 0,95
	Surface du faux-filet	0,36 à 0,79
Bœuf	Épaisseur du gras	0,45 à 0,96
	Surface du faux-filet	0,20 à 0,94
	Persillé	0,20 à 0,91

*Relation entre la mesure aux ultrasons sur les animaux vivants et la qualité des carcasses pour différentes espèces (Houghton et Turlington, 1992)*

**Tableau 4 : UN MEILLEUR SUCCÈS SUR L'ÉPAISSEUR DE GRAS**

	Précisions des résultats	Coefficient de corrélation
Épaisseur de gras	62 à 74 % des échantillons classés à ± ½ pouce	0,81 à 0,82
Surface de la noix d'entrecôte	47 à 54 % des échantillons classés à ± ½ pouce carré (6,45 cm <sup>2</sup> )	0,43 à 0,63

*Relation entre la mesure aux ultrasons sur les animaux vivants et la qualité des carcasses (Smith et al, 1992)*

SFK, le PG-100 electronic Pork Grader de Destron (cf. photo 6), le HGP de Hennessy ou bien encore le CGM version 01-A fabriqué par la société Sydel (cf. photo 7).

Tous ces systèmes sont applicables sur du porc. Mais, dans le cas des bovins ou des ovins, les mesures d'épaisseurs de gras sous cutané et de muscles à partir des sondes de réflectance n'autorisent pas une estimation suffisamment précise du rendement en viande de ces carcasses pour être utilisées commercialement.

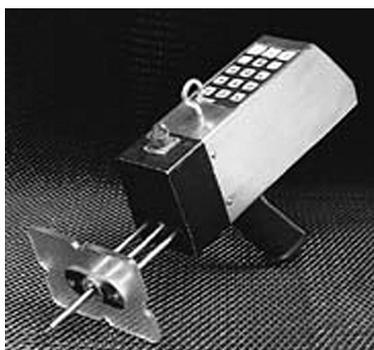
Elles peuvent néanmoins constituer une

partie des paramètres de l'estimation et pourraient être combinées à d'autres types de mesure (analyse d'image, impédance,...).

### LES PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES DE LA VIANDE FOURNISSENT DES INFORMATIONS SUR SA COMPOSITION

Les variations des caractéristiques électriques de la viande en fonction de sa composition lipides/protéines ont fait l'objet de nombreuses études aussi bien chez le porc que pour les bovins ou les ovins.

### PLUSIEURS TYPES DE SYSTÈMES OPTIQUES APPLICABLES SUR LES PORCS



(Source: Anitech)

Photo 7: LE CGM DE SYDEL

Photo 6: LE PG-100 PORK GRADER



(Source: Sydel)



## L'IMPÉDANCEMÉTRIE TRÈS PROMETTEUSE

L'impédancemétrie donne de bons résultats pour les ovins puisqu'elle permet de quantifier le rendement de découpe de certaines pièces avec beaucoup de précision. (Slanger et al., 1994) (cf. tableau 5).

Une étude a également été réalisée sur des porcs (90 environ) par Swantek et al., en 1992. Les résultats obtenus sont très encourageants. L'équation établie intègre des variables obtenues par mesure d'impédance et prédit la masse de tissu maigre avec un coefficient de corrélation  $r = 0,90$  pour des mesures sur animal vivant et  $r = 0,92$  pour des mesures après ressuage.

Marchello et Slanger, en 1994, ont étudié la possibilité d'utiliser l'impédancemétrie sur des carcasses de bovins pour prédire la quantité de viande (cf. tableau 6).

Les résultats de cette étude montrent que l'impédancemétrie peut être une méthode intéressante pour prédire les rendements de découpe et la composition des carcasses de bovins.

## LE BALAYAGE ÉLECTROMAGNÉTIQUE : OBJECTIF MAIS ENCOMBRANT

Il faut distinguer l'impédance bioélectrique de la mesure Tobec (Total Body Electrical Conductivity ou balayage électromagnétique) qui est basée sur la conductivité du courant à travers les tissus maigres d'un corps ou d'une carcasse. En effet, contrairement au Tobec, l'impédance bioélectrique implique un contact direct avec la carcasse pour appliquer le courant électrique.

Une étude par Berg et al., en 1994, a fourni des résultats très satisfaisants concernant la prédiction du rendement en découpe des carcasses de porc. (cf. tableau 7).

Toutefois, le principe de cette méthode implique que les carcasses passent au travers d'un tunnel, ce qui est très encombrant et qui ne paraît pas envisageable dans le cas des bovins.

Par ailleurs, l'investissement est relativement élevé (environ 150 000 €) car cette technologie

Rendements en découpe	a	b	c
Animal vivant	0,89	0,87	0,88
Carcasse chaude	0,97	0,96	0,95
Carcasse refroidie	0,98	0,98	0,97

*a = Gigot, carré, filet, coffre, épaule, collier, côtelettes, jarret, viande parée  
b = Gigot, carré, filet, coffre, épaule  
c = Gigot, carré, filet*

*Coefficients de corrélation R entre les mesures d'impédance et le poids total en kg de pièces de découpe (Slanger et al, 1994)*

Lieu de mesure	Coefficient corrélation (R)	
	Quantité muscle	Quantité maigre
Animal vivant	0,95	0,93
Après saignée	0,98	0,96
Fin de ligne d'abattage	0,97	0,95
Après ressuage	0,96	0,93

*(Marcello et Slanger, 1994)*

Lieu de mesure	Coefficient corrélation (R)	
	Quantité muscle	% de maigre
Prérigor	R = 0,95	R = 0,93
	erreur ± 1,59 kg	erreur ± 2,05 %
Après ressuage	R = 0,91	R = 0,91
	erreur ± 1,80 kg	erreur ± 2,29 %

*Balayage électromagnétique sur des porcs (Berg et al, 1994)*

Espèce	Corrélation (R) avec	
	Lipides	Protéines
Porcs	0,82	0,88
Volailles	0,87	0,86

*Corrélation du poids spécifique avec la quantité de lipides et de protéines des carcasses*

nécessite un équipement très spécialisé. Sa cadence est également limitée (300 à 400 carcasses/h). Son application reste donc, pour l'instant, surtout d'ordre médical.

## MESURE DU POIDS SPÉCIFIQUE : UTILISATION EN COMPLÉMENT DES MACHINES À CLASSER

La mesure du poids spécifique des carcasses a fait l'objet de plusieurs études en relation avec la composition corporelle.

Cette mesure étant basée sur la différence de densité entre les tissus gras et les tissus maigres, les coefficients de corrélation obtenus entre ces mesures et les teneurs réelles en lipides et protéines sont élevés ( $r = 0,82$  à  $r = 0,88$ ) (cf. tableau 8). Néanmoins, son application directe en abattoir ne semble pas envisageable surtout pour les bovins.

Par contre, la mesure du poids spécifique serait réalisable avec les systèmes de machines à classer puisqu'elles fournissent le volume de la

carcasse. Ainsi, en divisant le poids de la carcasse par le volume, on accède au poids spécifique. On aurait alors une donnée supplémentaire qui ne nécessite aucune autre mise en œuvre, mais qui, combinée aux données de la machine à classer, permettrait de prédire avec plus de précision, le rendement de découpe.

### RMN : TRÈS CÔUTEUSE...

La Résonance Magnétique Nucléaire a été utilisée pour mesurer la composition corporelle des carcasses. Les résultats sont très bons (coefficients de corrélation 0,9 à 1).

Mais cette technique est très coûteuse en investissement et ne paraît pas pouvoir être utilisée en abattoir.

### ... COMME LES RAYONS X

Les Rayons X Biphotonique ont fait l'objet d'un certain nombre de travaux et donnent également de très bons résultats.

Mitchell et al., en 1998, obtiennent une bonne corrélation entre les mesures aux rayons X et le pourcentage de graisse ( $R = 0,90$ ).

Toutefois, comme la RMN, l'investissement est très important (plusieurs millions de francs) et les machines actuelles ne permettent pas de passer une carcasse entière de bovins.

### LA BIOMÉTRIE

La biométrie étudie les relations entre des mesures faites sur les animaux vivants ou les carcasses et la composition corporelle de ces animaux vivants. De nombreux résultats ont été publiés dans le cas des bovins et des porcs mais très peu dans le cas des ovins.

Dans le cas des bovins, il semblerait que la composition au niveau des 9, 10 et 11e côtes soit très corrélée à la composition de la carcasse entière (Nour et Thonney, 1994):

- $r = 0,89$  pour l'eau;
- $r = 0,82$  pour les protéines;
- $r = 0,91$  pour les lipides.

Ceci est en accord avec les résultats de Brackebush et al., en 1991, qui montrent que le pourcentage de graisse du long dorsal peut être utilisé pour prédire le pourcentage de graisse contenu dans d'autres muscles majeurs de la carcasse.

Dans le cas du porc, les mesures au niveau de la 10e côte permettent de fournir une indication plus ou moins précise de la composition de la carcasse.

Par ailleurs, la dissection de la poitrine fournirait une bonne prédiction des proportions des différents composants de la carcasse après dissection.

Peu d'études ont été réalisées sur les ovins concernant la biométrie. Toutefois, selon Tatum, en 1998, l'évaluation visuelle de l'épaisseur des muscles sur l'animal vivant permet de détecter, de façon significative, les différences de rendement en maigre mais cela pour des moutons de même poids.

### EN CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que la mesure de l'état d'engraissement et la prédiction des rendements de découpe et/ou de la composition corporelle ont fait l'objet de nombreux travaux (plus de 120 références bibliographiques répertoriées).

Les machines à classer ont notamment fait l'objet de recherches. Les études ont montré que ces systèmes étaient performants pour évaluer la conformation des carcasses. Les résultats concernant la mesure de l'état d'engraissement sont un peu moins satisfaisants. Cependant, la prédiction du rendement de découpe semble être satisfaisante avec un coefficient de corrélation de 0,84 à 0,87.

Malgré leur coût élevé, les machines à classer présentent un certain nombre d'avantages. Outre le fait qu'elles soient relativement fiables, elles sont rapides, automatiques et fonctionnent en continu.

La technologie des ultrasons est bien développée dans le cas des porcs où elle fournit de bons résultats dans la détermination de l'état d'engraissement et dans la prédiction du pourcentage de maigre de la carcasse. Par contre, pour les bovins et les ovins, ce système est beaucoup moins performant, du fait de la séparation entre tissu maigre et tissu gras qui est moins nette pour ces espèces que pour les porcs. Ceci explique également que les systèmes optiques couramment utilisés pour les porcs ne soient pas applicables aux bovins.

Les mesures des propriétés électriques de la viande au travers de l'impédancemétrie semblent très prometteuses. En effet, les résultats obtenus sont très bons, quelle que soit l'espèce considérée (porcine, bovine ou ovine). De plus, cette technique présente l'avantage d'être rapide et non destructrice. Le balayage électromagnétique, par contre, bien que très performant, semble ne pouvoir être utilisé que dans le cas du porc, en raison de son encombrement potentiel dans le cas des bovins.

Parmi les techniques qui ont fait l'objet de recherche, la mesure du poids spécifique pour prédire la composition des carcasses a donné de très bons résultats sur des porcs et des volailles. Cette technique mériterait d'être validée sur les bovins. En effet, les machines à classer devraient permettre de mesurer le volume de la carcasse et le poids est mesuré en fin de ligne d'abattage. Cette technique ne nécessiterait donc pas d'équipements supplémentaires à l'abattoir.

D'autres techniques ont été étudiées, comme la RMN et les rayons X biphotoniques, mais compte tenu de leur coût et de leur complexité, elles ne sont pas utilisables à l'abattoir.

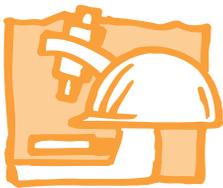
Quant à la biométrie, c'est-à-dire l'étude des relations entre des mesures faites sur les animaux vivants ou les carcasses et la composition corporelle de ces animaux vivants, elle reste plus ou moins subjective. En effet, les résultats obtenus dans toutes les études ne sont jamais aussi bons que ceux obtenus par certaines techniques présentées ci-dessus (impédance, machine à classer...), mais elle pourrait éventuellement être utilisée ponctuellement pour compléter d'autres méthodes.

En conclusion, hormis les machines à classer qui commencent à être installées dans les abattoirs, deux techniques semblent permettre un bon compromis entre le coût et l'efficacité. Il s'agit de l'impédancemétrie et de la mesure du poids spécifique. Toutefois, pour cette dernière, cela suggère de disposer d'une machine à classer.

- Aging and body composition. *Harv Womens Health Watch* 1999 Nov;7(3):7
- AHMED PO, MILLER MF, SHACKELFORD SD, JOHNSON LP, WILLIAMS SE, MCCANN MA, REAGAN JO:** Effect of hot-fat trimming on factors associated with the subprimal yield of beef carcasses. *J Anim Sci* 1992 Feb;70(2):439-43
- AKRIDGE JT, BRORSEN BW, WHIPKER LD, FORREST JC, KUEI CH, SCHINCKEL AP:** Evaluation of alternative techniques to determine carcass value. *J Anim Sci* 1992 Jan;70(1):18-28
- ANDERSON B.B,** Recent experimental development in ultrasonic measurement of cattle. *Livest. Prod. Sci.* 1975. 2: 137
- Anderson DB, Corbin JE:** Estimating body fat in mature beagle bitches. *Lab Anim Sci* 1982 Aug;32(4):367-70
- ANDERSON LM, WAHLSTROM RC:** Ultrasonic prediction of swine carcass composition. *J Anim Sci* 1969 May;28(5):593-600
- APPLE JK, DIKEMAN ME, CUNDIFF LV, WISE JW:** Determining beef carcass retail product and fat yields within 1 hour postmortem. *J Anim Sci* 1991 Dec;69(12):4845-57
- Aziz NN, Murray DM, Ball RO:** The effect of live weight gain and live weight loss on body composition of merino wethers: chemical composition of the dissected components. *J Anim Sci* 1992 Nov;70(11):3412-20
- BAUMEIER A, GEISSLER C, HOFFMANN M, ULBRICH M:** [Urea utilization in growing lambs. 3. Effect of urea and straw on carcass composition]. [Article in German] *Arch Tierernahr* 1986 Jun;36(6):531-40
- BELK KE, SCANGA JA, TATUM JD, WISE JW, SMITH GC:** Simulated instrument augmentation of USDA yield grade application to beef carcasses. 33: *J Anim Sci* 1998 Feb;76(2):522-7
- BENNETT GL, JOHNSON DL, KIRTON AH, CARTER AH:** Genetic and environmental effects on carcass characteristics of Southdown x Romney lambs: II. Genetic and phenotypic variation. *J Anim Sci* 1991 May;69(5):1864-74
- BENNETT GL, KIRTON AH, JOHNSON DL, CARTER AH:** Genetic and environmental effects on carcass characteristics of Southdown x Romney lambs: I. Growth rate, sex, and rearing effects. *J Anim Sci* 1991 May;69(5):1856-63
- BERG EP, MARCHELLO MJ:** Bioelectrical impedance analysis for the prediction of fat-free mass in lambs and lamb carcasses. *J Anim Sci* 1994 Feb;72(2):322-9
- BERG EP, NEARY MK, FORREST JC, THOMAS DL, KAUFFMAN RG:** Evaluation of electronic technology to assess lamb carcass composition. *J Anim Sci* 1997 Sep;75(9):2433-44
- BERG, E. P., NEARY, M. K., FORREST, J. C., THOMAS, D. L., KAUFFMAN, R. G.** Evaluation of electronic technology to assess lamb carcass composition. *Journal of Animal Science*, 75 (9):2433-2444.
- BERG E.P., FOREST K.C., TOMAS D.L. AND KAUFFMAN R.G.,** Predicting lean tissue of lamb carcasses from electromagnetic scans. *J. Anim. Sci.* 1993:71 (suppl. 1): 52 (abstr.)
- BIXLER EG, COMBS GF, SHAFFNER C:** Effect of protein level on carcass composition of turkeys. *Poult Sci* 1969 Jan;48(1):261-6
- BLICHARSKI, T., OSTROWSKI, A..** Evaluating the precision of slaughter measurements in high-meat swine carcasses obtained with the ULTRA-FOM 100 apparatus. *Gospodarka Miesna*, 47 (9):32, 34.
- BOUCHARD C, BRAY GA, HUBBARD VS:** Basic and clinical aspects of regional fat distribution *Am J Clin Nutr* 1990 Nov;52(5):946-50.
- BRACKEBUSCH SA, CARR TR, MCKEITH FK, DUTTON DM, MCLAREN DG:** Relationship between marbling group and major muscle contribution to beef carcass mass. *J Anim Sci* 1991 Feb;69(2):625-30
- Brackebusch SA, McKeith FK, Carr TR, McLaren DG:** Relationship between longissimus composition and the composition of other major muscles of the beef carcass. *J Anim Sci* 1991 Feb;69(2):631-40
- BRACKELSBURG PO, KLINE EA, WILLHAM RL, HAZEL LN:** Genetic parameters for selected beef-carcass traits. *J Anim Sci* 1971 Jul;33(1):13-7
- BRACKELSBURG PO, WILLHAM RL:** Relationships among some common live and carcass measurements and beef carcass composition. *J Anim Sci* 1968 Jan;27(1):53-7
- BROOKS CC:** Effect of sex, soybean oil, bagasse and molasses on carcass composition and composition of muscle and fat tissue in swine. *J Anim Sci* 1967 May;26(3):504-9
- BULLEN BA, QUADE F, OLESSEN E, LUND SA:** Ultrasonic reflections used for measuring subcutaneous fat in humans. *Hum Biol* 1965 Dec;37(4):375-84
- BULLOCK KD, BERTRAND JK, BENYSHEK LL, WILLIAMS SE, LUST DG:** Comparison of real-time ultrasound and other live measures to carcass measures as predictors of beef cow energy stores. *J Anim Sci* 1991 Oct;69(10):3908-16
- CHARAGU, P. K., CREWS, D. H., JR., KEMP, R. A., MWANSA, P. B.:** Machine effects on accuracy of ultrasonic prediction of backfat and ribeye area in beef bulls, steers and heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 80 (1):19-24.
- CHEEK DB:** Body composition studies. *Am J Clin Nutr* 1980 Sep;33(9):2060-1
- CUNDIFF LV, GREGORY KE, KOCH RM, DICKERSON GE:** Genetic variation in total and differential growth of carcass components in beef cattle. *J Anim Sci* 1969 Aug;29(2):233-44
- CURETON KJ:** Error in estimating % fat. *Can J Appl Sport Sci* 1983 Mar;8(1):52
- DESMOULIN, B., ECOLAN, P., MELANI, C.:** Estimation of pig carcass composition using the Fat-o-Meter instrument. Proceedings of the European Meeting of Meat Research Workers, 301.
- DESMOULIN, B., ECOLAN, P., PEINIAU, P., MELANI, C.:** Classification of pig carcasses on the basis of their lean meat content. Possibilities and limitations of the Fat-O-Meat'er instrument. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 1637-48.
- DIKEMAN ME, CUNDIFF LV, GREGORY KE, KEMP KE, KOCH RM:** Relative contributions of subcutaneous and intermuscular fat to yields and predictability of retail product, fat trim, and bone in beef carcasses. *J Anim Sci* 1998 Jun;76(6):1604-12
- DINKEL CA, BUSCH DA, SCHAFER DE, TUMA HJ, MINYARD JA, COSTELLO WJ:** Changes in composition of beef carcasses with increasing animal weight. *J Anim Sci* 1969;28(3):316-23
- DOORNENBAL H:** Growth, development and chemical composition of the pig. II. Fatty tissue and chemical fat. *Growth* 1972 Sep;36(3):185-94
- DUMONT B.L.,** Intérêt de la prise en compte des caractères morphologiques du squelette dans l'estimation de la composition des carcasses. V.P.C. vol. 12 (4), juillet-août 1991
- DURAN, P., HARADA, H., KUWAHARA, M., SATOU, K., FUKUHARA, R.,** The effects of operator, interpreter and machine on ultrasonic estimates of carcass traits in pigs. *Bulletin of the Faculty of Agriculture Miyazaki University*, 42 (1,2):41-49.
- EL SHAHAT AA, EL ASHRY MA:** Specific gravity measurements of lamb carcass joints. *Beitr Trop Landwirtsch Veterinarmed* 1987;25(4):439-42
- ELOWSSON P, FORSLUND AH, MALLMIN H, FEUK U, HANSSON I, CARLSTEN J:** An evaluation of dual-energy X-Ray absorptiometry and underwater weighing to estimate body composition by means of carcass analysis in piglets. *J Nutr* 1998 Sep;128(9):1543-9
- ESTON R, EVANS R, FU F:** Estimation of body composition in Chinese and British men by ultrasonographic assessment of segmental adipose tissue volume. *Br J Sports Med* 1994 Mar;28(1):9-13
- EYMAR D P. (CEMAGREF)** Procédés et systèmes objectifs d'estimation du rendement en viande des carcasses. VPC vol. 11 (2), mars-avril 1990
- FAHMY MH, BOUCHER JM, POSTE LM, GREGOIRE R, BUTLER G, COMEAU JE:** Feed efficiency, carcass characteristics, and sensory quality of lambs, with or without prolific ancestry, fed diets with different protein supplements. *J Anim Sci* 1992 May;70(5):1365-74
- FIX HP, BRUTZKE M, PESCHKE I, HOFFMANN M:** [The nutrient and energy disposition of growing lambs. 2. Results of slaughter and animal carcass analysis]. [Article in German] *Arch Tierernahr* 1988 Apr;38(4):327-41
- FOMON SJ:** Body composition of the male reference infant during the first year of life. 44: *Pediatrics* 1967 Nov;40(5):863-70
- FORBES GB:** The companionship of lean and fat. *Basic Life Sci* 1993;60:1-14
- FREKING BA, KEELE JW, NIELSEN MK, LEYMASTER KA:** Evaluation of the ovine callipyge locus: II. Genotypic effects on growth, slaughter, and carcass traits. *J Anim Sci* 1998 Oct;76(10):2549-59
- FULLER HL, POTTER DK, KIRKLAND W:** Effect of delayed maturity and carcass fat on reproductive performance of broiler breeder pullets. *Poult Sci* 1969 May;48(3):801-9
- GAILI ES:** Effect of breed-type on carcass weight and composition in sheep. *Trop Anim Health Prod* 1979 Nov;11(4):191-8
- GARRETT RP, EDWARDS JW, SAVELL JW, TATUM JD:** Evaluation of the Hennessy grading probe to predict yields of lamb carcasses fabricated to multiple end points. *J Anim Sci* 1992 Apr;70(4):1146-52
- GARRETT RP, SAVELL JW, CROSS HR, JOHNSON HK:** Yield grade and carcass weight effects on the cutability of lamb carcasses fabricated into innovative style subprimals. *J Anim Sci* 1992 Jun;70(6):1829-39
- GAUSS H, RUDOLPH W, FISCHER W:** [Meat quality of broiler rabbits. 2. Chemical composition of meat of valuable cut-up parts of New Zealand white rabbits and hybrids of different body weight]. [Article in German] *Nahrung* 1976;20(2):175-9
- GREGORY NG, WHELEHAN OP:** Skull shape in relation to carcass fatness in pigs. *J Sci Food Agric* 1983 Dec;34(12):1397-403
- GRESHAM JD, HOLLOWAY JW, BUTTS WT JR.:** Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements. *J Anim Sci* 1986 Oct;63(4):1041-8McCurley JR
- GRESHAM JD, MCPENNER SR, BERNARD JK, HENDERSON HH:** Commercial adaptation of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass measurements. *J Anim Sci* 1992 Mar;70(3):631-9
- GRESHAM JD, MCPENNER SR, BERNARD JK, RIEMANN MJ, WYATT RW, HENDERSON HH:** Prediction of live and carcass characteristics of market hogs by use of a single longitudinal ultrasonic scan. *J Anim Sci* 1994 Jun;72(6):1409-16



- GRIFFIN DB, SAVELL JW, MORGAN JB, GARRETT RP, CROSS HR:** Estimates of subprimal yields from beef carcasses as affected by USDA grades, subcutaneous fat trim level, and carcass sex class and type. *J Anim Sci* 1992 Aug;70(8):2411-30
- GROUSE J.D. AND DIKEMAN M.E.,** Methods of estimating beef carcass chemical composition. *J. Anim. Sci.* 1974-38: 1190
- GRUBER JJ, POLLOCK ML, GRAVES JE, COLVIN AB, BRAITH RW:** Comparison of Harpenden and Lange calipers in predicting body composition. *Res Q Exerc Sport* 1990 Jun;61(2):184-90
- GU Y, SCHINCKEL AP, MARTIN TG, FORREST JC, KUEI CH, WATKINS LE:** Genotype and treatment biases in estimation of carcass lean of swine. *J Anim Sci* 1992 Jun;70(6):1708-18
- HALVORSON JC, WAIBEL PE, OJU EM, NOLL SL, EL HALAWANI ME:** Effect of diet and population density on male turkeys under various environmental conditions. 2. Body composition and meat yield. *Poult Sci* 1991 Apr;70(4):935-40
- HAMLIN KE, GREEN RD, CUNDIFF LV, WHEELER TL, DIKEMAN ME:** Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. *J Anim Sci* 1995 Jun;73(6):1725-34
- HASSAGER C, NIELSEN B, CHRISTIANSEN C:** Estimation of total body composition from single photon absorptiometry measurement of forearm fat content *Scand J Clin Lab Invest* 1989 May;49(3):233-8
- HEDRICK H.B., KRAUSE G.F., ELLERSIECK N.F., EPLEY R.J., RILEY J.C. AND THOMSON G.B.,** Beef carcass composition as influenced by yield and quality grade. *J. Anim. Sci.* 1981-53: 102
- HEGARTY RS, MCPHEE MJ, ODDY VH, THOMAS BJ, WARD LC:** Prediction of the chemical composition of lamb carcasses from multi-frequency impedance data. *Br J Nutr* 1998 Feb;79(2):169-76
- HEWADIKARAM KA, GOFF ML:** Effect of carcass size on rate of decomposition and arthropod succession patterns. *Am J Forensic Med Pathol* 1991 Sep;12(3):235-40
- HICKS C, SCHINCKEL AP, FORREST JC, AKRIDGE JT, WAGNER JR, CHEN W:** Biases associated with genotype and sex in prediction of fat-free lean mass and carcass value in hogs. *J Anim Sci* 1998 Sep;76(9):2221-34
- HODGSON RR, BELK KE, SAVELL JW, CROSS HR, WILLIAMS FL:** Development of a multivariate yield grade equation to predict compositional traits in mature cow carcasses. *J Anim Sci* 1992 Jul;70(7):2159-66
- HODGSON RR, BELK KE, SAVELL JW, CROSS HR, WILLIAMS FL:** Development of a quantitative quality grading system for mature cow carcasses. *J Anim Sci* 1992 Jun;70(6):1840-7
- HOLLOWAY JW, SAVELL JW, HAMBY PL, BAKER JF, STOUFFER JR:** Relationships of empty-body composition and distribution to live animal and carcass measurements in *Bos indicus*-*Bos taurus* crossbred cows. *J Anim Sci* 1990 Jul;68(7):1818-26fat
- HOUGHTON PL, TURLINGTON LM:** Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *J Anim Sci* 1992 Mar;70(3):930-41
- HULSEGGE, B., MERKUS, G. S. M.,** A comparison of the optical probe HGP and the ultrasonic devices Renco and Pie Medical for estimation of the lean meat proportion in pig carcasses. *Animal Production*, 64 (2):379-383..
- JOHNSON ER, CHARLES DD:** An evaluation of the Australian beef carcass appraisal system. *Aust Vet J* 1976 Apr;52(4):149-54
- JOHNSON LP, MILLER MF, HAYDON KD, REAGAN JO:** The prediction of percentage of fat in pork carcasses. *J Anim Sci* 1990 Dec;68(12):4185-92
- JOHNSON LP, REAGAN JO, HAYDON KD, MILLER MF:** The prediction of percentage of protein in pork carcasses. *J Anim Sci* 1990 Dec;68(12):4176-84
- JONES, S. D. M., ALLEN, O. B., HAWORTH, C. R.,** The accuracy of two recording instruments in the measurement of subcutaneous fat thickness in pork carcasses. *Canadian Journal of Animal Science*, 62 (3):731-738..
- JONES, S. D. M., ROBERTSON, W. M., PRICE, M. A., COUPLAND, T.,** The prediction of saleable meat yield in lamb carcasses. *Canadian Journal of Animal Science*, 76 (1):49-53..
- JUDGE MD, MARTIN TG, outhouse JB:** Prediction of carcass composition of ewe and wether lambs from carcass weights and measurements. *J Anim Sci* 1966 Feb;25(1):92-5
- KATSUKAWA F, KATAOKA K:** [Techniques for the measurement of body composition and body fat distribution]. [Article in Japanese] *Nippon Rinsho* 1997 Mar;55 Suppl 1:282-6
- KEIM NL, MAYCLIN PL, TAYLOR SJ, BROWN DL:** Total-body electrical conductivity method for estimating body composition validation by direct carcass analysis of pigs. *Am J Clin Nutr* 1988 Feb;47(2):180-5
- KEMP JD, BARTON RA:** Composition of cuts and carcasses of New Zealand lamb when graded by United States grade standards. *J Anim Sci* 1969;28(3):324-30
- KEMP JD, CROUSE JD, DEWEESE W, MOODY WG:** Effect of slaughter weight and castration on carcass characteristics of lambs. *J Anim Sci* 1970 Mar;30(3):348-54
- KENT KR, DAVIS GW, RAMSEY CB, SCHLUTER AR:** Estimates of beef carcass intermuscular fat. *J Anim Sci* 1991 Dec;69(12):4836-44
- KIRTON, A. H., CARTER, A. H., CLARKE, J. N., SINCLAIR, D. P., MERCER, G. J. K., DUGANZICH, D. M.,** A comparison between 15 ram breeds for export lamb production. I. Liveweights, body components, carcass measurements and composition. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 38 (3):347-360..
- KIRTON, A. H., MERCER, G. J. K., DUGANZICH, D. M., ULJEE, A. E.,** Use of electronic probes for classifying lamb carcasses. *Meat Science*, 39 (2):167-176..
- KIRTON, A. H., ULJEE, A. E., MERCER, G. J. K.,** A comparison between lamb drafters and the Phillips Fat Displacement Meter (PFDM) for predicting GR, hot carcass weight and class in live lambs. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 51309-313..
- LAMBUTH TR, KEMP JD, GLIMP HA:** Effect of rate of gain and slaughter weight on lamb carcass composition *J Anim Sci* 1970 Jan;30(1):27-35.
- LANE SF, HOGUE DE:** Effects of butylene and propylene glycols on body composition and fatty acid synthetase in lambs. *J Anim Sci* 1981 Dec;53(6):1473-81
- LESHNER AI, LITWIN VA, SQUIBB RL -** A simple method for carcass analysis. *Physiol Behav* 1972 Aug;9(2):281-2
- LEYMASTER KA, JENKINS TG:** Comparison of Texel- and Suffolk-sired crossbred lambs for survival, growth, and compositional traits. *J Anim Sci* 1993 Apr;71(4):859-69
- LIU Y, STOUFFER JR:** Pork carcass evaluation with an automated and computerized ultrasonic system. *i* 1995 Jan;73(1):29-38
- LOHMAN TG:** Biological variation in body composition. *J Anim Sci* 1991 Apr;32(4):647-53
- MARCHELLO MJ, SLANGER WD:** Bioelectrical impedance can predict skeletal muscle and fat-free skeletal muscle of beef cows and their carcasses. *J Anim Sci* 1994 Dec;72(12):3118-23
- MARCHELLO, M. J., BERG, P. T., SWANTEK, P. M., TILTON, J. E.,:** Predicting live and carcass lean using bioelectrical impedance technology in pigs. *Livestock Production Science*, 58 (2):151-157..
- MARSHALL MW, SMITH BP, MUNSON AW, LEHMANN RP:** Prediction of carcass fat from body measurements made on live rats differing in age, sex and strain. *Br J Nutr* 1969 Jun;23(2):353-69
- MAY SG, MIES WL, EDWARDS JW, WILLIAMS FL, WISE JW, HARRIS JJ, SAVELL JW, CROSS HR:** Effect of frame size, muscle score, and external fatness on live and carcass value of beef cattle. *J Anim Sci* 1992 Nov;70(11):3311-6
- MAY SG, MIES WL, EDWARDS JW, WILLIAMS FL, WISE JW, MORGAN JB, SAVELL JW, CROSS HR:** Beef carcass composition of slaughter cattle differing in frame size, muscle score, and external fatness. *J Anim Sci* 1992 Aug;70(8):2431-45
- MCLAUGHLIN CL, HEDRICK HB, VEENHUIZEN JJ, FINN RF, HINTZ RL, HARTNELL GF, KASSER TR, BAILE CA:** Comparison of performance, clinical chemistry, and carcass characteristics of finishing lambs treated with recombinant ovine or bovine somatotropins. *J Anim Sci* 1993 Jun;71(6):1453-63
- MCNAIR JR, BROWN BS, WEBER J, MCGOWAN R:** The clinical evaluation of body fat. *J Ark Med Soc* 1984 Mar;80(10):425-30
- MILES, C. A., FURSEY, G. A. J., FISHER, A. V., PAGE, S. J.,** Estimation of lamb carcass composition from measurements of the speed of ultrasound in the soft tissues of live animals and carcasses. *Meat Science*, 30 (3):245-256..
- MITCHELL AD, SCHOLZ AM, PURSEL VG, EVOCK-CLOVER CM:** Composition analysis of pork carcasses by dual-energy x-ray absorptiometry. *J Anim Sci* 1998 Aug;76(8):2104-14
- MITCHELL AD, WANG PC, SONG HF, SCHMIDT WF:** Body composition analysis of the pig by magnetic resonance imaging. *Basic Life Sci* 1993;60:105-8
- MITCHELL, A. D., SCHOLZ, A. M., PURSEL, V. G., EVOCK-CLOVER, C. M.,:** Composition analysis of pork carcasses by dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Animal Science*, 76 (8):2104-2114..
- MITCHELL, A. D., SOLOMON, M. B., RUMSEY, T. S.,** Composition analysis of beef rib sections by dual-energy X-ray absorptiometry. *Meat Science*, 47 (1,2):115-124..
- MOELLER SJ, CHRISTIAN LL:** Evaluation of the accuracy of real-time ultrasonic measurements of backfat and loin muscle area in swine using multiple statistical analysis procedures. *J Anim Sci* 1998 Oct;76(10):2503-14
- MOKHA R, SIDHU LS:** Body fat in various sportive groups. *J Sports Med Phys Fitness* 1987 Sep;27(3):376-9
- MORISSE J.P., COTTE J.P. ET HUONNIC D.,** Mesure et analyse multifactorielle de l'état d'engraissement des carcasses de taurillons. *V.P.C. vol. 11 (3), mai-juin 1990.*
- MOSCRIP V, WALTON JM:** Ultrasonographic assessment of adipose tissue volume. *Br J Sports Med* 1997 Mar;31(1):84-5
- MUELLER WH, EMERSON JB:** Functional differences between central and peripheral fat. *Am J Clin Nutr* 1988 Nov;48(5):1343-4
- MUKHERJEE D, ROCHE AF:** The estimation of percent body fat, body density and total body fat by maximum R2 regression equations. *Hum Biol* 1984 Feb;56(1):79-109
- MURPHY TA, LOERCH SC, MCCLURE KE, SOLOMON MB:** Effects of grain or pasture finishing systems on carcass composition and tissue accretion rates of lambs. *J Anim Sci* 1994 Dec;72(12):3138-44
- MUSCARITOLI M, GLEASON JR, MEGUID MM, LUKASKI HC:** Densitometry-based equations for estimating body composition in Fischer rats. *Nutrition* 1993 Sep-Oct;9(5):439-45



- NOUR AY, THONNEY ML:** Technical note: chemical composition of Angus and Holstein carcasses predicted from rib section composition. *J Anim Sci* 1994 May;72(5):1239-41
- NOVAK LP:** Physical activity and body composition of adolescent boys. *JAMA* 1966 Sep 12;197(11):891-3
- O'MARA FM, WILLIAMS SE, TATUM JD, HILTON GG, PRINGLE TD, WISE JW, WILLIAMS FL:** Prediction of slaughter cow composition using live animal and carcass traits. *J Anim Sci* 1998 Jun;76(6):1594-603
- ORCUTT MW, FORREST JC, JUDGE MD, SCHINCKEL AP, KUEI CH:** Practical means for estimating pork carcass composition. *J Anim Sci* 1990 Dec;68(12):3987-97
- ORTS FA, KING GT, BUTLER OD:** Bone muscle relationships in the bovine carcass. *J Anim Sci* 1969 Aug;29(2):294-7
- PARIZKOVA J:** Nutrition and its relation to body composition in exercise. *Proc Nutr Soc* 1966;25(2):93-9
- PERKINS TL, GREEN RD, HAMLIN KE:** Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *J Anim Sci* 1992 Apr;70(4):1002-10
- PESTI GM, BAKALLI RI:** Estimation of the composition of broiler carcasses from their specific gravity. *Poult Sci* 1997 Jul;76(7):948-51
- PETRASEK R, RATH R, MASEK J:** On the ratio of body fat in relation to different factors. *Rev Czech Med* 1965;11(4):251-8
- POWELL W.E. AND HUFFMAN D.L.,** An evaluation of quantitative estimates of beef carcass composition. *J. Anim. Sci.* 1968-27: 1554
- RAMSEY CB, KIRTON AH, HOGG B, DOBBIE:** Ultrasonic, needle, and carcass measurements for predicting chemical composition of lamb carcasses. *J Anim Sci* 1991 Sep;69(9):3655-64
- REILING BA, ROUSE GH, DUELLO DA:** Predicting percentage of retail yield from carcass measurements, the yield grading equation, and closely trimmed, boxed beef weights. *J Anim Sci* 1992 Jul;70(7):2151-8
- REVERTER A, JOHNSTON DJ, GRASER HU, WOLCOTT ML, UPTON WH:** Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. *J Anim Sci* 2000 Jul;78(7):1786-95
- ROBINSON DL, HAMMOND K, MCDONALD CA:** Live animal measurement of carcass traits: estimation of genetic parameters for beef cattle. *J Anim Sci* 1993 May;71(5):1128-35
- ROBINSON DL, MCDONALD CA, HAMMOND K, TURNER JW:** Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: assessment and accuracy of sonographers. *J Anim Sci* 1992 Jun;70(6):1667-76
- RONG-SHINN LIN.** Measurement of total body electrical conductivity in beef and its correlation with carcass composition. *Dissertation Abstracts International: Section B: the Sciences & Engineering*, 54 (7):.
- RUSH EC, PLANK LD, ROBINSON SM:** Estimation of body fat in caucasian and Polynesian women from anthropometric measurements. *Appl Radiat Isot* 1998 May-Jun;49(5-6):749-50
- SACK, E., FISCHER, K., CANSTEIN, B. VON, SCHEPER, J.,** Fat-O-Meat'er reflectance value and meat quality of pork carcasses. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt fuer Fleischforschung, Kulmbach*, 845911-5916,.
- SANSON DW, WEST TR, TATMAN WR, RILEY ML, JUDKINS MB, MOSS GE:** Relationship of body composition of mature ewes with condition score and body weight. *J Anim Sci* 1993 May;71(5):1112-6
- SATHER, A. P., FREDEEN, H. T., MARTIN, A. H..** Live animal evaluation of two ultrasonic probes as estimators of subcutaneous backfat and carcass composition in pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 62 (3):943-949,.
- SCHIMITZEK, P., BETTERAY, K. VAN.** Exact and objective measurements directly on the slaughter line: comparison of carcass grading instruments. *Fleischerei*, 43 (5):488,.
- SEGAL K.R., VAN LOAN M., FITZGERALD P.I., HODGDON J.A. VAN ITALLIE T.P.** Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four-site cross-validation. *Am.J.Clin.Nutr.*(1998) 47:7
- SHACKELFORD SD, EDWARDS JW, SMARR EK, SAVELL JW:** Retail cut yields of Rambouillet wether lambs fed the beta-adrenergic agonist L644,969. *J Anim Sci* 1992 Jan;70(1):161-8
- SHAHIN KA, ABDALLAH OY, SHMEIS AR:** Genetic influences on growth and partition of fat between depots and its distribution in fowl carcasses. *Reprod Nutr Dev* 1990;30(6):673-81
- SIEMENS AL, LIPSEY RJ, MARTIN WM, SIEMENS MG, HEDRICK HB:** Composition of pork carcasses by potassium-40 liquid scintillation detection estimation and validation. *J Anim Sci* 1991 Jan;69(1):47-53
- SLANGER WD, MARCHELLO MJ, BUSBOOM JR, MEYER HH, MITCHELL LA, HENDRIX WF, MILLS RR, WARNOCK WD:** Predicting total weight of retail-ready lamb cuts from bioelectrical impedance measurements taken at the processing plant. *J Anim Sci* 1994 Jun;72(6):1467-74
- SMITH BS, JONES WR, HOUGH JD, HUFFMAN DL, MIKEL WB, MULVANEY DR:** Prediction of carcass characteristics by real-time ultrasound in barrows and gilts slaughtered at three weights. *J Anim Sci* 1992 Aug;70(8):2304-8
- SMITH MT, OLTJEN JW, DOLEZAL HG, GILL DR, BEHRENS BD:** Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and longissimus muscle area in feedlot steers. *J Anim Sci* 1992 Jan;70(1):29-37
- SMITH SB, JENKINS T, PRIOR RL:** Carcass composition and adipose tissue metabolism in growing sheep. *J Anim Sci* 1987 Dec;65(6):1525-30
- SNOWDER GD, GLIMP HA, FIELD RA:** Carcass characteristics and optimal slaughter weights in four breeds of sheep. *J Anim Sci* 1994 Apr;72(4):932-7
- SOUTHAM ER, FIELD RA:** Influence of carcass weight upon carcass composition and consumer preference for lamb. *J Anim Sci* 1969 May;28(5):584-8
- SPECHT SM, FAUSTMAN C, BENDEL RB, MALKUS LA, KINSMAN DM, SISON C:** Carcass composition of "bob" and "special-fed" veal and its prediction. *J Anim Sci* 1994 Oct;72(10):2635-41
- STEVENSON JM, SEMAN DL, LITTLEJOHN RP:** Seasonal variation in venison quality of mature, farmed red deer stags in New Zealand. *J Anim Sci* 1992 May;70(5):1389-96
- SWANTEK PM, CRENSHAW JD, MARCHELLO MJ, LUKASKI HC:** Bioelectrical impedance: a nondestructive method to determine fat-free mass of live market swine and pork carcasses. *J Anim Sci* 1992 Jan;70(1):169-77
- SWENSEN K, ELLIS M, BREWER MS, NOVAKOFSKI J, MCKEITH FK:** Pork carcass composition: I. Interrelationships of compositional end points. *J Anim Sci* 1998 Sep;76(9):2399-404
- SWENSEN K, ELLIS M, BREWER MS, NOVAKOFSKI J, MCKEITH FK:** Pork carcass composition: II. Use of indicator cuts for predicting carcass composition. *J Anim Sci* 1998 Sep;76(9):2405-14
- TAKKI S, TAKKI K, HOPUSU V, PALKAMA A:** Fat patterning and its correlation to the age of children. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1965;43(4):267-9
- TATUM JD, SAMBER JA, GILLMORE BR, LEVALLEY SB, WILLIAMS FL:** Relationship of visual assessments of feeder lamb muscularity to differences in carcass yield traits. *J Anim Sci* 1998 Mar;76(3):774-80
- TERRY CA, SAVELL JW, RECIO HA, CROSS HR:** Using ultrasound technology to predict pork carcass composition. *J Anim Sci* 1989 May;67(5):1279-84
- THIEL LF, BEERMANN DH, KRICK BJ, BOYD RD:** Dose-dependent effects of exogenous porcine somatotropin on the yield, distribution, and proximate composition of carcass tissues in growing pigs. *J Anim Sci* 1993 Apr;71(4):827-35
- TLASKAL P, BRUZEK J:** [Article in Czech] [Quantitative changes in adipose and muscle tissue in normal infants]. *Cesk Pediatr* 1987 May;42(5):274-8
- TRAN ZV, WELTMAN A:** Predicting body composition of men from girth measurements. *Hum Biol* 1988 Feb;60(1):167-75
- TRZYBINSKA, D.:** The evaluation of usefulness of ultrasonic measurements in examining the slaughter value of lambs. *Annals of Warsaw Agricultural University, Animal Science*, 33105-109,.
- TURNER J.W., PELTON L.S. AND GROSS H.R.,** Using live animal ultrasound measures of ribeye area and fat thickness in yearling Herford bulls. *J. Anim. Sci.* 1990.68: 3502
- Ultrasonic measurement of depth of adipose tissue and muscle area in swine. *Nutr Rev* 1984 Sep;42(9):331-2
- VAKIL DV:** Comparison of four systems of lamb carcass evaluation. *Indian Vet J* 1967 Jan;44(1):34-7
- WALDNER DN, DIKEMAN ME, SCHALLES RR, OLSON WG, HOUGHTON PL, UNRUH JA, CORAH LR:** Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thicknesses, longissimus muscle areas, and composition of Brangus bulls from 4 months to 2 years of age. *J Anim Sci* 1992 Oct;70(10):3044-54
- WALDNER, D. N., DIKEMAN, M. E., SCHALLES, R. R., OLSON, W. W., HOUGHTON, P. L., UNRUH, J. A., CORAH, L. R..** Validation of real-time ultrasound for predicting fat thickness, longissimus muscle areas and composition of Brangus bulls from four months to two years of age. *Proceedings - Annual Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association*, 44208,.
- WARD GM:** [Radioisotopic methods for the in-vivo determination of body composition]. [Article in German] *Wien Tierarztl Monatsschr* 1970 May;57(5):204-10
- WEIL WB JR, MILLER I:** The role of whole carcass analysis in understanding body composition. *Pediatrics* 1971 Jan;47(1):Suppl 2:275+
- WHISMEYER D.L., SNOWDER G.D. ET CLARK D.H.** Prediction of lam carcass chemical composition utilizing electromagnetic scanning (TOBEC TM). *Tektran United States Department of Agriculture*. 1998-12-18
- WILLIAMS, R. E., BERTRAND, J. K., WILLIAMS, S. E., BENYSHEK, L. L.** Biceps femoris and rump fat as additional ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 75 (1):7-13,.
- WRIGHT HF, DOTSON CO, DAVIS PO:** A simple technique for measurement of percent body fat in man. *US Navy Med* 1981 May;72(5):23-7
- WULF DM, PAGE JK:** Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *J Anim Sci* 2000 Oct;78(10):2595-607
- WULF DM, ROMANS JR, COSTELLO WJ:** Composition of the beef wholesale rib. *J Anim Sci* 1994 Jan;72(1):94-102
- YAMAGUCHI K, NAKANO M:** [Fat measurement using MRI]. [Article in Japanese] *Nippon Rinsho* 1995 Jun;53 Suppl:215-20