

Estimation de la composition tissulaire des carcasses de porcs :

récapitulatif
de diverses méthodes
utilisables
en expérimentation

La qualité des carcasses est une composante importante du résultat économique de l'atelier d'engraissement de porcs. Les recherches concernant la production de viande porcine comprennent donc en général une phase d'estimation de la composition tissulaire. Cet article propose plusieurs méthodes d'estimation des teneurs en gras et en muscles des carcasses de porcs, qui diffèrent par leur précision, leur complexité et leur coût. En fonction de ses objectifs, l'expérimentateur pourra choisir la méthode la mieux adaptée à ses besoins.

L'appréciation de la composition tissulaire des carcasses est une des composantes essentielles du travail de recherche en zootechnie. Elle permet de mesurer l'influence des traitements expérimentaux sur les rendements de transformation en tissus maigres, recherchés par le consommateur, et en tissus gras dont on s'efforce de limiter l'extension. L'introduction récente d'appareils automatiques de classification des carcasses (Fat-O-Meat'er) a permis de répondre de façon assez

plus dispendieuses, qui permettent d'obtenir une estimation plus précise de la composition tissulaire des carcasses. Ces méthodes, mises au point par nous-mêmes ou d'autres auteurs, ont été décrites dans nos précédentes publications (Desmoulin *et al* 1976, 1977, 1980).

Dans le présent article, nous présenterons de façon regroupée des équations, soit déjà publiées, soit nouvellement établies, correspondant à 4 scénarios de mesures donnant des estimations de précision croissante des proportions de tissus musculaires et de tissus adipeux dans la carcasse.

Résumé

La mesure directe de la composition tissulaire des carcasses, par dissection anatomique complète, est longue et coûteuse. On se contente donc en général d'estimer les teneurs en muscles et en gras à partir de mesures indirectes : épaisseurs de gras ou de muscles, poids des pièces de découpe, résultats de dissections partielles et/ou simplifiées. A partir des données mesurées sur deux échantillons de carcasses porcines, nous avons élaboré quatre scénarios de mesures, de complexité et de coût croissant. Ils permettent d'estimer avec une précision croissante les poids et proportions de muscles et de gras dans la demi carcasse ainsi que le pourcentage de muscles dans la carcasse entière, correspondant à la norme européenne à la base du classement commercial des carcasses porcines. En fonction de ses objectifs et de l'enveloppe financière dont il dispose, l'expérimentateur peut choisir l'une ou l'autre des méthodes proposées. Les équations des 2 scénarios les plus simples sont bien adaptées aux carcasses dont les teneurs en muscles sont aux alentours de 50 %, mais devront être réévaluées pour s'adapter aux types génétiques produisant des carcasses au-delà de 52-53 % de muscles. Les 2 scénarios les plus complexes ont par contre un domaine de validité plus large.

satisfaisante aux besoins de la classification commerciale des produits. Cependant la précision obtenue (variance résiduelle de 39 % pour l'estimation de la teneur en muscles selon Desmoulin *et al* 1984), est souvent insuffisante pour le travail de recherche. Il existe un éventail d'autres méthodes plus longues et/ou

1 / Conditions expérimentales

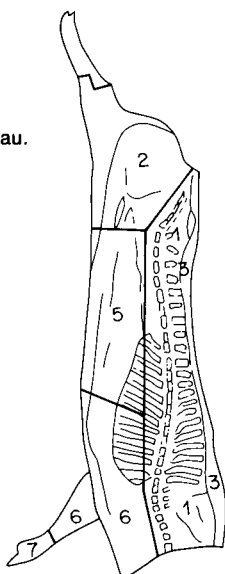
1.1 / Définitions et unités

Les tissus musculaires (ou muscles) correspondent aux muscles squelettiques anatomiquement dissécables. Ils ne comprennent donc pas le tissu gras intermusculaire. Ils renferment par contre les lipides intramusculaires, qui ne sont séparables du muscle que par une extraction chimique. Les tissus gras (ou gras) comprennent les tissus gras externes (sous-cutanés) et les tissus gras internes (intermusculaires et périrénal).

Sauf mention contraire, les poids et pourcentages de tissus sont considérés en référence au poids de demi-carcasse sans tête. Les épaisseurs et distances sont toutes exprimées en millimètres. Les poids sont exprimés en grammes sauf les poids de carcasse (P-NET = poids net de la carcasse entière ; P-DEMI = poids de la demi carcasse) qui sont exprimés en kilogrammes.

Figure 1. Découpe Parisienne Normalisée.

- 1 LON : Poids de la longe.
 2 JAM : Poids du jambon.
 3 BAR : Poids de la bardière.
 4 PAN : Poids de la panne.
 5 POI : Poids de la poitrine.
 6 HJB : Poids de l'ensemble hachage + jambonneau.
 7 PIE : Poids des pieds.



1.2 / Matériel animal

Deux fichiers de données ont été utilisés. Le fichier 1 (Desmoulin *et al.*, 1980) comprend 152 carcasses d'animaux de 3 types sexuels (mâles entiers, mâles castrés et femelles) et 5 types génétiques (Large White, Landrace Français, Landrace Belge, Piétrain et Large White X Landrace Français). Les poids nets de carcasse varient entre 71,3 et 90,9 kg (moyenne 79,6 kg ; écart-type 3,7 kg). Le fichier 2 (Desmoulin *et al.*, 1984) comprend 200 carcasses d'animaux des 3 types sexuels précédents et de 2 types génétiques (20 Piétrain et 180 Large White). Les poids nets de carcasse sont compris entre 66,4 et 94,0 kg (moyenne 79,7 kg ; écart-type 3,4 kg).

1.3 / Mesures effectuées sur les carcasses

Pour chacun des 152 animaux utilisés dans le fichier 1, la demi carcasse gauche est pesée (P-DEMI = poids de la demi carcasse sans tête, mesuré le lendemain de l'abattage) puis découpée (figure 1). Chaque fraction est pesée puis fait l'objet d'une dissection anatomique complète (tableau 1).

Pour les besoins de cette analyse, nous avons regroupé sous le nom de "maigres non dégraissés",

l'ensemble constitué des muscles et des gras intermusculaires, résultat d'une dissection simplifiée (tableau 2).

Les 200 carcasses du fichier 2 ont été pesées (P-NET = poids de la carcasse entière, comprenant la tête, mesuré le jour de l'abattage) puis ont fait l'objet de mesures linéaires d'épaisseur de gras et de muscles effectuées soit avec un appareil Fat-O-Meat'er (Desmoulin *et al.* 1984 ; figure 2), soit manuellement avec une règle, un myomètre et un intrascope (méthode de Boer ou MDB, selon la description de Naveau *et al.* 1979 ; figure 3). Le lendemain de l'abattage les carcasses sont découpées. Le jambon et le rein font ensuite l'objet d'une dissection simplifiée comme indiqué plus haut.

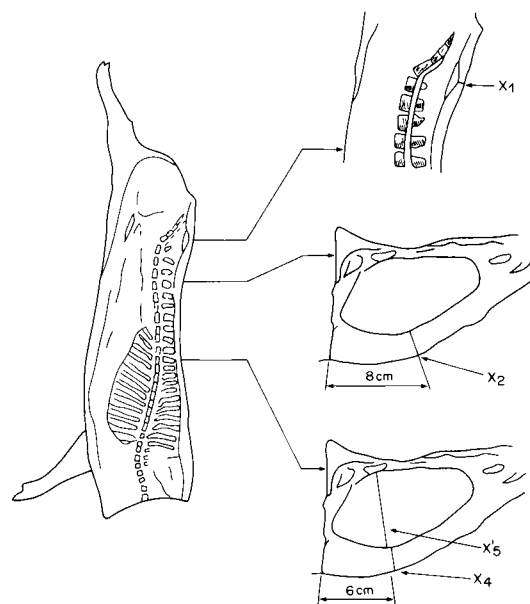
Figure 2. Mesures avec l'appareil Fat-O-Meat'er.

X1 : Epaisseur de gras mesurée sur la fente au niveau du muscle *Gluteus Medius*.

X2 : Epaisseur de gras mesurée latéralement, à 8 cm de la fente, au niveau de la jonction entre les 3^e et 4^e vertèbres lombaires.

X4 : Epaisseur de gras mesurée latéralement, à 6 cm de la fente, entre les 3^e et 4^e côtes, comptées à partir de la dernière côte.

X'5 : Epaisseur du muscle long dorsal mesurée au même site que la mesure X4.

**Tableau 1 : Exemple de résultat d'une dissection anatomique complète d'une demi carcasse de porc.**

| | Muscles | Gras internes | Gras externes | Os | Peau | Divers |
|-----------------------|---------|---------------|---------------|------|------|--------|
| Rein ¹ | 7499 | 970 | 3254 | 1613 | 634 | 453 |
| Jambon | 5163 | 320 | 1187 | 722 | 319 | 182 |
| Poitrine | 2098 | 583 | 751 | 238 | 244 | 25 |
| Hac.-jb. ² | 2798 | 370 | 765 | 628 | 328 | 402 |
| Hampe ³ | 149 | | | | | |
| Panne ⁴ | | 620 | | | | |
| Total | 17707 | 2863 | 5957 | 3201 | 1525 | 1062 |

1 Longe + bardière

2 Hachage + jambonneau

3 Diaphragme

4 Gras péri-rénal

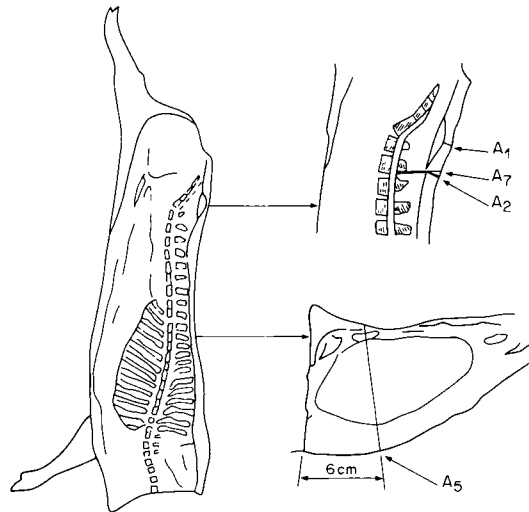
Tableau 2 : Dissection partielle et simplifiée.

- MARE : Maigres (muscles + gras intermusculaires) du rein⁽¹⁾.
- MAJA : Maigres (muscles + gras intermusculaires) du jambon.
- GERE : Gras externes du rein.
- GEJA : Gras externes du jambon.

(1) Rein : longe + bardière

Figure 3. Mesures manuelles selon la méthode MDB. (Naveau et al 1979).

A1 : Epaisseur de gras mesurée sur la fente au niveau du muscle *Gluteus Medius* (même mesure que X1).
A2 : Epaisseur de gras mesurée sur la fente, à la pointe inférieure du muscle *Gluteus Medius*.
A5 : Epaisseur totale de carcasse mesurée latéralement à 6 cm de la fente, entre les 3^e et 4^e côtes, comptées à partir de la dernière côte.
A7 : Distance entre le canal médullaire et la surface de la peau, mesurée horizontalement sur la fente, au niveau de la pointe inférieure du muscle *Gluteus Medius*.



1.4 / Calcul des équations de régressions

Les données des 2 fichiers ont permis de calculer des équations servant à estimer les variables suivantes, indicatives de la composition tissulaire des carcasses :

PDS - MUS = poids de muscles dans la demi carcasse, mesuré par dissection complète de l'ensemble de la demi carcasse

% - MUS = pourcentage de muscles dans la demi carcasse (% - MUS = PDS - MUS / P-DEMI)

% - CEE = pourcentage de muscles dans la carcasse entière avec tête, correspondant à la définition de la grille européenne de classification commerciale des carcasses de porcs

PDS - GRA = poids de gras dans la demi carcasse, mesuré par dissection complète de l'ensemble de la demi carcasse

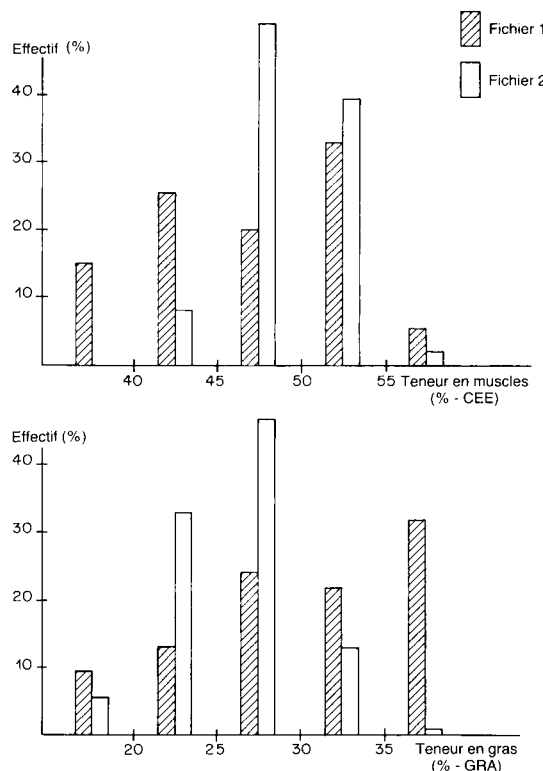
% - GRA = pourcentage de gras dans la demi carcasse (% - GRA = PDS - GRA / P-DEMI)

Les équations d'estimation des poids ou des pourcentages de tissus ont été obtenues par régression progressive multiple. La précision des estimations est donnée

par le coefficient de détermination R^2 égal au carré du coefficient de corrélation. Ce coefficient R^2 , compris entre 0 et 1, indique la part de variabilité expliquée par l'estimateur ; la précision de l'équation d'estimation est d'autant meilleure que ce coefficient est proche de 1. Aux erreurs aléatoires prises en compte par la variabilité résiduelle ($1 - R^2$), s'ajoute une erreur systématique liée au fait que les pentes des droites de régression des valeurs estimées sur les valeurs mesurées sont inférieures à l'unité : elle conduit à sur-estimer les valeurs faibles et à sous-estimer les valeurs fortes.

1.5 / Représentativité des échantillons

La distribution des teneurs en muscles et en gras des carcasses dans les deux fichiers est donnée à la figure 4.


Figure 4. Distribution des teneurs en muscles (%-CEE) et en gras (%-GRA) dans les 2 fichiers de carcasses étudiées.

2 / Résultats

2.1 / Démarche des calculs

Sur la base des résultats des analyses de régression progressive multiple et aussi de considérations d'ordre pratique (degré de complexité et incidence financière des mesures), nous avons retenu quatre scénarios de mesures de complexité, de coût et de précision croissants :

Scénario 1 : Mesures d'épaisseurs de gras et d'épaisseurs musculaires à l'aide du Fat-O-Meat'er. Mesure du poids net de carcasse.

Scénario 2 : Mêmes mesures que pour le scénario 1 complétées par quelques mesures manuelles d'épaisseurs de gras et d'épaisseurs musculaires.

Scénario 3 : Découpe parisienne normalisée. Mesure du poids de demi carcasse.

Scénario 4 : Mêmes mesures qu'au scénario 3, complétées par une dissection partielle (jambon et rein) et simplifiée.

Les équations correspondant au scénario 4 ont été établies à partir des données du fichier 1. Les équations correspondant aux scénarios 1, 2 et 3 ont été établies à partir des données du fichier 2, pour lequel nous ne disposons pas des mesures des poids de tissus. Ceux-ci ont été estimés à partir des équations établies pour le scénario 4.

Dans les scénarios 3 et 4 les pourcentages de muscles dans la demi carcasse résultent de la division du poids de muscles par le poids de demi carcasse. Ils sont donc obtenus avec la même précision que les poids de muscles. Dans les scénarios 1 et 2, on constate au contraire que l'estimation directe des pourcentages de muscles est moins précise que celle des poids de muscles.

2.2 / Estimation du muscle

a / Estimations du poids de muscles de la demi carcasse : (PDS-MUS)

| Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 | Scénario 4 |
|--|--|---|--|
| - 2007 + 279.7 P-NET - 54.14 X1 - 110.3 X2 - 52.71 X4 + 60.21 X'5 | - 3660 + 257.1 P-NET - 76.46 X2 - 87.16 X4 + 27.72 X'5 - 54.67 A1 - 48.51 A2 + 40.36 A5 + 32.45 A7 | + 296,9 - 201.0 P-DEMI + 1.395 LON + 1.144 JAM | - 1546 + 1.3565 MARE + 1.2645 MAJA |
| R ² = 0.730 | R ² = 0.790 | R ² = 0.903 | R ² = 0.970 |

b / Estimations du pourcentage de muscles de la demi carcasse : (%-MUS)

| Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 | Scénario 4 |
|--|--|------------------------|------------------------|
| + 47.27 + 0.1165 P-NET - 0.1750 X1 - 0.3086 X2 - 0.1425 X4 + 0.1691 X'5 | + 42.20 + 0.05424 P-NET - 0.2059 X2 - 0.2394 X4 + 0.07717 X'5 - 0.1639 A1 - 0.1585 A2 + 0.1134 A5 + 0.09749 A7 | PDS - MUS P-DEMI | |
| R ² = 0.651 | R ² = 0.730 | R ² = 0.903 | R ² = 0.970 |

Tableau 3 : Domaines de validité des équations d'estimation de la teneur en muscles.

| Scénario | Pente* | Domaine de validité ** | |
|----------|--------|------------------------|-------------|
| | | %-MUS | %-CEE |
| 1 | 0.672 | 47.9 - 53.9 | 46.1 - 51.8 |
| 2 | 0.754 | 46.8 - 55.0 | 45.1 - 52.7 |
| 3 | 0.906 | 40.3 - 61.5 | 39.0 - 58.8 |
| 4 | 0.912 | 39.5 - 62.3 | 38.3 - 59.5 |

* Pente de la droite de régression des valeurs estimées sur les valeurs mesurées.

** Domaine de validité défini comme l'intervalle des valeurs de teneurs en muscles pour lequel l'erreur systématique est inférieure à 1 point de pourcentage.

Les 3 premières équations (FOM, MDB et scénario 1) sont de précision équivalente. L'adjonction de 4 mesures manuelles (scénario 2) apporte une amélioration significative (73 % de variabilité expliquée contre 60-65 %). La méthode MDB conduit à une surestimation systématique de la teneur en muscles, surtout pour les carcasses les plus grasses (fig. 5). L'équation FOM est bien adaptée aux carcasses comprises dans la gamme 50-55 % de muscles. Les équations correspondant aux scénarios 1 et 2 sont plus adaptées à une gamme de teneurs en muscles plus faibles, autour de 50 % ; elles tendent à sous-estimer la teneur en muscles des carcasses les plus musclées.

Dans les scénarios 3 et 4 les pourcentages de gras dans la demi carcasse résultent de la division du poids de gras par le poids de demi carcasse. Ils sont donc obtenus avec la même précision que les poids de gras. Dans le scénario 1, l'estimation directe du pourcentage de gras n'est que légèrement moins précise que celle du poids de gras.

Du scénario 1 au scénario 4, on assiste à une amélioration de la précision (exprimée par le coefficient R^2) mais aussi à une extension du domaine de validité des équations, liée à la diminution de l'erreur systématique (tableau 5).

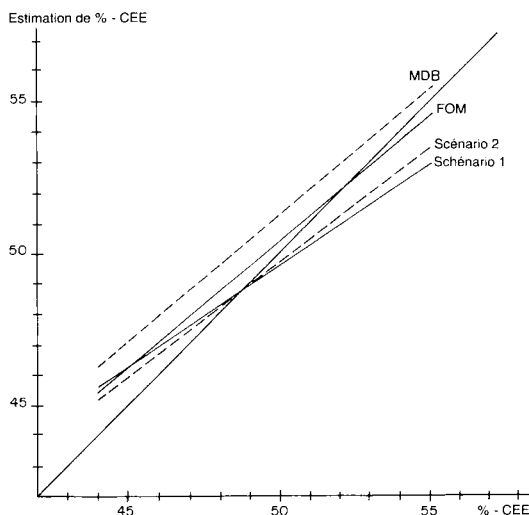
Tableau 4 : Précision de diverses méthodes rapides d'estimation de la teneur en muscles des carcasses (coefficient de détermination R^2)

| Méthodes d'estimation de %-CEE | R^2 |
|--------------------------------|-------|
| équation FOM | 0.604 |
| équation MDB | 0.621 |
| scénario 1 | 0.651 |
| scénario 2 | 0.730 |

| Scénario | Pente* | Domaine de validité** % - GRA |
|----------|--------|----------------------------------|
| 1 | 0.813 | 25.6 - 36.0 |
| 3 | 0.879 | 22.6 - 36.0 |
| 4 | 0.987 | 12.7 - 41.2 |

* Pente de la droite de régression des valeurs estimées sur les valeurs mesurées.

** Domaine de validité défini comme l'intervalle des valeurs de teneurs en gras pour lequel l'erreur systématique est inférieure à 1 point de pourcentage. Ce domaine est en outre limité par les valeurs minimum et maximum observées dans les fichiers 1 ou 2.



MDB : Méthode de Boer selon Naveau *et al* (1979). FOM : Equation utilisée pour le classement commercial des carcasses. Scénario 1 et Scénario 2 : voir texte.

Tableau 5. Domaines de validité des équations d'estimation de la teneur en gras.

Figure 5. Droites d'estimation de la teneur en muscles des carcasses (%-CEE) dans les diverses méthodes utilisant les mesures linéaires.

2.3 / Estimation du gras

a / Estimations des poids de gras dans la demi carcasse : PDS-GRA

| Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 | Scénario 4 |
|--|------------|---|--|
| - 5934 + 106.7 P-NET + 105.2 X1 + 115.2 X2 - 109.6 X4 - 10.30 X'5 | \$ | - 816 + 1.63 BAR + 1.43 PAN + 0.52 POI | - 220.2 + 1.259 GERE + 2.056 GEJA + 1.286 PAN + 0.4875 POI |
| $R^2 = 0.789$ | | $R^2 = 0.947$ | $R^2 = 0.984$ |

b / Estimations des pourcentages de gras dans la demi carcasse : %-GRA

| Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 | Scénario 4 |
|--|------------|---------------|---------------|
| + 9.185 - 0.02161 P-NET + 0.2807 X1 - 0.3150 X2 + 0.3037 X4 - 0.03035 X'5 | \$ | | |
| $R^2 = 0.770$ | | $R^2 = 0.947$ | $R^2 = 0.984$ |

(\$): L'adjonction de mesures manuelles n'apporte pas d'amélioration significative de la précision de l'estimation obtenue avec les seules mesures du scénario 1.

Conclusion

Les 4 scénarios précédemment décrits constituent un ensemble cohérent permettant de répondre à différents besoins en matière d'estimation de la composition tissulaire des carcasses de porcs. En fonction du degré de précision demandé, et en fonction aussi de l'enveloppe financière disponible, l'expérimentateur pourra choisir l'un ou l'autre des scénarios proposés. Rappelons que ces équations ont été obtenues avec des carcasses de poids nets compris entre 70 et 90 kg. Elles ne doivent donc pas être appliquées à des carcasses dont les poids sortent de ces limites.

Les équations des scénarios 1 et 2, proposées pour l'estimation du pourcentage de muscles dans la carcasse entière (%-CEE, classification commerciale des carcasses) apportent une précision équivalente ou supérieure à celle des autres méthodes courantes (MDB et FOM). Cependant il ne faut pas oublier qu'elles ont été établies sur des carcasses de teneurs en muscles actuellement considérées comme relativement faibles. Pour cette raison, elles ne sont pas adaptées aux carcasses les plus musclées, au-delà de 52-53 % de muscles. Le calcul de nouvelles équations sur des échantillons de carcasses plus maigres représente un travail considérable qu'il faudra entreprendre pour adapter ces méthodes d'estimation de la composition corporelle aux types génétiques actuels et futurs. Les équations des scénarios 3 et 4 ont par contre un domaine de validité beaucoup plus large.

Remerciements

Les auteurs remercient Paul Pommeret, Philippe Peiniau, Patrick Grandsart, René Chalié et le personnel de l'atelier d'étude des carcasses de la Station de Recherches Porcines de St-Gilles pour leur participation active à la collecte des nombreuses données utilisées dans ce travail.

Références bibliographiques

- DESMOULIN B., GRANDSART P., TASSENCOURT L., 1976 - Les critères d'appréciation de la composition anatomique de la carcasse du porc et des pièces de découpe : principes généraux et difficultés de classification. *Journées Rech. Porcine en France*, 8, 89-98.
- DESMOULIN B., GRANDSART P., VILA J.-P., 1977 - Les critères d'appréciation de la composition anatomique de la carcasse du porc et des pièces de découpe : I - Etablissement d'index d'adiposité. *Journées Rech. Porcine en France*, 9, 115-120.
- DESMOULIN B., CHALIER R., POMMERET P., 1980 - La dissection complète ou partielle des carcasses de porcs : signification des références CEE. *Journées Rech. Porcine en France*, 12, 117-125.
- DESMOULIN B., ECOLAN P., PEINIAU P., MELANI C., 1984 - La classification des carcasses de porcs selon la teneur en viandes maigres : possibilités et limites de l'appareil Fat-O-Meat'er danois. *Journées Rech. Porcine en France*, 16, 37-48.
- NAVEAU J., ROLLAND G., POMMERET P., 1979 - Composition anatomique de la carcasse du porc : les mesures linéaires selon la méthode de Boer (MDB). *Rapport ITP*, 79-07.

B. DESMOULIN, P. ECOLAN, M. BONNEAU. Estimation of fat and muscle content in pig carcasses : summary of various methods that can be used in swine research.

Complete anatomical dissection of carcasses for direct measurement of tissular composition is tedious and costly. Most often, fat and muscles contents are estimated from indirect measurements : backfat or muscle thickness, weights of cuts, results of partial and/or simplified dissections. Data from two populations were used to derive equations for the estimation of fat and muscle content. Four different, increasingly tedious and costly sets of measurements are described that provide increasingly accurate estimations for fat and muscle weight or percentage in half carcass as well as for muscle percentage in whole carcass (%-CEE), used for commercial grading of pig carcasses in the E.E.C. Depending on the purpose of their experiment, scientists may choose either of the four proposed sets of measurements. The equations corresponding to the two most simple sets of measurements are adequate for swine carcasses with muscle content around 50 %. However, they should be recalculated in order to fit to carcasses with muscle percentage higher then 52-53 %. The equations corresponding to the two other sets of measurements are adequate for swine carcasses with higher muscle content.

DESMOULIN B., ECOLAN P., BONNEAU M., 1988. Estimation de la composition tissulaire des carcasses de porcs : récapitulatif de diverses méthodes utilisables en expérimentation. *INRA Prod. Anim.*, 1 (1), 59-64.