

**LA DETERMINATION DE LA DENSITE CORPORELLE :**  
**I - PRINCIPES ET CONDITIONS D'UNE MESURE DIRECTE DE L'ETAT**  
**D'ENGRAISSEMENT DE LA CARCASSE DU PORC**

*B. DESMOULIN*

I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs

C.N.R.Z. - 78 - JOUY-EN-JOSAS

**INTRODUCTION**

L'état d'engraissement de la carcasse du porc est défini par le développement relatif des masses musculaires "Maigre" et des masses adipeuses "Gras". Après une découpe parisienne normalisée (I.T.P.)\*, la dissection nous a montré que la corrélation entre le poids de chaque "morceau" et la masse musculaire totale ou la masse adipeuse totale de la carcasse était peu étroite ( $r = \pm 0,80$ ) voire très faible ( $r = \pm 0,50$ ). Il en est de même pour l'épaisseur du lard dorsal. Au stade d'abattage considéré : 100 kg, la poitrine et le hachage contiennent une quantité de graisses représentative de la masse adipeuse totale (B. DESMOULIN, 1969). Le poids de ces fractions ne permet pas d'estimer leur composition tissulaire.

La détermination de la densité corporelle n'est pas récente ; elle a été proposée pour estimer l'état d'obésité chez l'homme (ZOOK, 1929 ; BOYD, 1933 ; BEHNKE, 1942 et BROZEK, 1951) puis appliquée à l'étude de l'adiposité des carcasses des gros animaux. Chez le porc : BROWN et al (1951), KRAYBILL (1953), WHITEMAN (1953), PRICE et PEARSON (1957), ADAM (1964), HOLME (1964-1965), JOBLIN (1966) puis BOCHNO (1967), PEZACKI, KOWALSKI et ZNANIECKI (1968) ont montré l'intérêt de cette détermination. A titre d'exemple, BROWN et al, (1951) ont obtenu une corrélation très étroite ( $r = \pm 0,95$ ) entre la densité corporelle et la composition chimique des fractions corporelles désossées, une corrélation peu étroite ( $r = -0,68$ ) entre la densité corporelle et l'épaisseur du lard dorsal.

Dans cette présentation, nous rappellerons d'abord les principes physiques de la densimétrie, leurs applications à l'étude de la composition corporelle. Ensuite, nous définirons les conditions des mesures que nous avons pratiquées.

.../...

## I - PRINCIPES PHYSIQUES DE LA DETERMINATION DE LA DENSITE

### A - Définitions

— La densité d'un corps (par rapport à l'eau) est le quotient du poids du corps par le poids d'un égal volume d'eau à 4° C et 760 mm Hg.

Le principe d'ARCHIMEDE s'énonce : "un corps immergé dans un liquide en équilibre subit une poussée hydrostatique, de même direction mais de sens opposé à sa force de pesanteur et d'intensité égale au poids du volume du liquide qu'il déplace".  $\delta$  étant la densité de l'eau à la température de la mesure, si  $P$  est le poids du corps avant immersion et  $P'$  son poids après immersion, la densité du corps s'écrit :

$$d = (P / P - P') \delta \quad (1)$$

— La densité ( $d$ ) rapport homogène de poids s'exprime par un nombre sans dimensions. Elle ne nécessite pas la détermination du volume corporel lorsque la poussée hydrostatique a été mesurée. Plus généralement la détermination de la densité par rapport à l'eau permet le calcul du volume corporel.

— La masse spécifique ( $\mu$ ), exprimée par une valeur d'équation à dimensions  $ML^{-3}$ , est la masse de l'unité de volume du corps.

Le poids spécifique ( $\rho$ ) représente la densité absolue du corps et s'écrit :

$$\rho = \mu g \text{ dans lequel } \mu = M / V$$

Ces rappels sont justifiés par une confusion fréquente entre la densité et le poids spécifique. Les Anglo-saxons désignent la densité par "specific gravity" et le poids spécifique par "density" (C. GUILLEMIN, 1967).

### B - Conséquences du principe d'ARCHIMEDE

— Pour un échantillon composite, la densité caractérise la composition pondérale de l'échantillon ( $P_1, P_2, P_3 \dots$ ) compte tenu de la densité de chacun de ses constituants ( $d_1, d_2, d_3 \dots$ ).

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad (2)$$

$$\frac{P}{d} = \frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2} + \frac{P_3}{d_3} + \dots \quad (3)$$

La relation (3) exprime la résultante des poussées hydrostatiques obtenues par la relation (1).

## II - APPLICATIONS A L'ETUDE DE LA COMPOSITION CORPORELLE

— La carcasse du porc est un échantillon composite. L'application des trois relations précédentes concerne deux aspects de l'analyse corporelle :

a) après une sissection, ce sera la composition des "morceaux" tel le jambon (P) qui est constitué de muscles ( $P_1$ ), graisses ( $P_2$ ) et os ( $P_3$ ).

b) après une découpe, ce sera la composition du poids net de la demi-carcasse (P) qui est divisé en jambon ( $P_1$ ), jambonneau ( $P_2$ ) etc...

— Les graisses présentent une densité ( $d \# 0,91$  à  $0,94$ ) plus faible que les muscles ( $d \# 1,06$  à  $1,10$ ) moins denses eux-mêmes que les os ( $d \# 1,30$  à  $1,50$ ). La densimétrie est dite "Méthode Indirecte de mesure de la graisse corporelle des Mammifères" (DUMONT, 1958) par les expérimentateurs qui postulent la composition constante du poids corporel dégraissé. Ce poids ne reste cependant pas inchangé lorsque la quantité de graisses varie. Si le seul poids d'os était peu variable à un stade donné de la croissance, la densité pourrait caractériser directement l'état d'engraissement défini par le rapport muscles/graisses de la masse corporelle. En effet, **une diminution de la densité corporelle ne peut caractériser la seule augmentation de la quantité de graisses corporelles déposées**. L'application des relations (2) et (3) à un problème zootechnique ne justifie pas une simplification des principes physiques utilisés. Ces relations (2) et (3) s'écrivent respectivement :

$$1 = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_i}{P} \quad (4)$$

$$1 = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_i}{P} \frac{(d)}{(d_i)} \quad (5)$$

— La relation (4) présente la variation du développement des masses corporelles, "tel pourcentage du poids net", utilisée actuellement pour l'appréciation des carcasses de porcs.

— La relation (5) indique que la répartition précédente des masses corporelles est pondérée, après l'immersion de la carcasse, par une variation inverse des densités corporelles. Cette pondération rend compte de la variation de composition corporelle que nous souhaitons mesurer. Ceci nécessite la pesée des "morceaux"  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  et la détermination de leurs densités  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ . Il s'agira, en pratique, de mesurer les poussées hydrostatiques.

## III - CONDITIONS DE MESURE DE LA POUSSEE HYDROSTATIQUE

### A - Matériel - Méthodes

— Le dispositif expérimental que nous avons conçu puis réalisé avec l'aide de RETTAGLIATI et KMOISANT aux ateliers de la Station, doit permettre une mesure précise de l'intensité de la poussée

hydrostatique définie selon ARCHIMEDE.

1) Un bâti très stable supporte une balance commerciale de précision ( $P = 10$  kg lecture : 0,5-1 g) qui possède un dispositif de pesée sous-jacent. Un crochet unique et très rigide assure la transmission entre le dispositif de pesée et le corps à peser ; celui-ci est suspendu par un seul fil de nylon qui évite l'immersion du crochet.

2) Une cuve parallélépipédique ( $50 \times 60 \times 100$  cm) transparente sur deux faces permet une immersion contrôlée du corps. Cette cuve est portée par une table élévatrice mobile et relevable manuellement.

— La mesure de la poussée hydrostatique est pratiquée sur chacune des cinq fractions de la carcasse de porc découpée suivant la méthode parisienne : JAMBON - Jambonneau - POITRINE - HACHAGE et "REIN de porc" (l'ensemble : LONGE + BARDIERE est coupé en deux fractions au niveau de la 5ème côte). Les conditions opératoires sont imposées par la définition de la densité d'un corps (par rapport à l'eau). Les trois remarques suivantes nous paraissent essentielles.

1) La poussée hydrostatique verticale doit être transmise dans cette direction sur le dispositif de pesée. Avec les dispositifs de suspension du corps par plusieurs brins (filet, chaînette) ou doit craindre que la balance n'enregistre que la composante verticale de la résultante des forces ou poussées exercées sur chaque brin : mesure par défaut.

2) La température de l'eau et celle de la masse corporelle doivent être en équilibre. La cuve remplie d'eau la veille des mesures, reste 18 heures dans une salle froide climatisée à  $7^{\circ}$  C. La demi-carcasse est stockée pendant le même temps à  $4^{\circ}$  C. Après la découpe, les différences de température n'excèdent pas 2 à  $3^{\circ}$  C. La correction de densité de l'eau à  $7^{\circ}$  C ( $\delta = 0,99993$ ) est négligée.

3) Les "morceaux" sont immergés à 2 cm environ de la surface du liquide. L'état d'équilibre, obtenu après 2 minutes d'attente, permet la lecture du poids immergé. Ce poids n'évolue pas ( $\pm 1$  g) durant les 5 minutes qui suivent. Plusieurs expérimentateurs ont noté une "prise de poids des fractions immergées". Lorsque l'immersion est prolongée, une évolution de l'équilibre des températures au cours de l'opération peut expliquer en partie cette variation. La correction de densité de l'eau à  $17^{\circ}$  C ( $\delta = 0,99884$ ) n'est plus négligeable.

## B - L'erreur expérimentale de mesure

Chaque pesée est obtenue avec une erreur absolue de 0,5-1 g. Dans le cas de fractions lourdes comme les jambons, l'erreur expérimentale de la détermination de la densité est calculée ci-dessous :

$$\begin{aligned} P_1 &= 7084,0 \text{ g} & P_1' &= 232,5 \text{ g} & d_1 &= 1,034 \text{ (porc gras)} & \Delta d_1 &\leq 0,4 \times 10^{-3} \\ P_2 &= 7576,5 \text{ g} & P_2' &= 396,0 \text{ g} & d_2 &= 1,055 \text{ (porc maigre)} & \Delta d_2 &\leq 0,4 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

Pour l'ensemble des fractions lourdes ( $\# 10$  kg) ou légères ( $\# 1$  kg) l'erreur absolue des

déterminations reste  $\Delta d < 2 \text{ à } 4 \times 10^{-3}$ . Dans nos conditions expérimentales, une pesée qui serait effectuée avec une précision de 5 à 10 g ne donnerait pas de signification à la 3ème décimale. Certains expérimentateurs calculent les erreurs statistiques sur les densités écrites avec un nombre très élevé de décimales non significatives.

## CONCLUSION

Dans les détails de son principe, la détermination de la densité des fractions corporelles de la carcasse du porc permet une étude qualitative de l'état d'engraissement. La mesure de la poussée hydrostatique nécessite quelques précautions dans la conception du dispositif expérimental de mesure. Elle exige une balance de précision et beaucoup de soins dans ses modalités opératoires. Comme l'indiquait DUMONT dès 1958, "la détermination de la densité corporelle offre pour les études de fractionnement du poids du corps chez les gros animaux, un intérêt pratique considérable ..."

— 000 —

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAM J.L. et SMITH W.C., 1964 - Anim. Prod., 6, 1, 97-105  
 BOCHNO R., 1967 - Zesz Nauk Wyzsz, 23, 4, 803-834  
 BOYD Edith, 1933 - Human biology, 5, 656  
 BEHNKE A., 1942 - J. Am. Med. Assoc., 118, 495  
 BROWN C.J., HILLIER J.C. et WHATLEY J.A., 1951 - J. Anim. Sci., 10, 97-103  
 BROZEK J. et KEYS A., 1951 - Brit. J. Nutr., 5, 194  
 DESMOULIN B., 1969 - J. Recherches Porcines (Paris), 213-219  
 DUMONT B.L., 1958 - Cah. Tech. CNCERNA II, 95-158 (CNRS)  
 GUILLEMIN C., 1967 - Mesures et Analyses Techn. Ing., fiche P. 520  
 JOBLIN, 1966 - New Zealand J., 9, 277 et ss.  
 HOLME D.W., 1964-1965 - Agric. Res. Inst. Northern Ireland 38th animal Rep 15-20  
 KOWALSKI Z., 1968 - Roc. Nauk. Roln., 90, (3), 385-397  
 KRAYBILL H.F., GOODE E.R., ROBERTSON R., et SLOANE H.S., 1953 - J. Appl. Physiol., 6-27  
 PEZACKI P., 1968 - Roc. Nauk. Roln, 90, (3), 355-373  
 PRICE J.F., PEARSON A.M. et BENNE E.J., 1957 - J. Anim. Sci., 11, 85  
 WHITEMAN J.V., WHATLEY J.A. et HILLIER J.C., 1953 - J. Anim. Sci., 12, 859  
 ZNANIECKI P., PLATT C.Z., et BOCHNO R., 1967 - Zesz. Nauk. Wyzsz. Szk, 23, (4), 835-856  
 ZOOK D.E., 1929 - Am. J. of diseased children, 43, 1347