

NOTE PRÉLIMINAIRE

**MESURE DU DÉBIT DE SANG DANS LA VEINE PORTE
A L'AIDE D'UN DÉBITMÈTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE
CHEZ LE PORC**

A. RÉRAT

avec la collaboration technique de P. VAUGELADE

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78 - Jouy-en-Josas*

INTRODUCTION

La mesure des quantités de nutriments mis à la disposition de l'organisme par la voie sanguine à la suite d'un repas défini présuppose la connaissance de deux éléments : d'une part, la différence de concentration des principes nutritifs intéressés entre le sang efférent (veine porte) et le sang afférent (artériel) du tube digestif, d'autre part, le débit du sang dans le système porte digestif.

En ce qui concerne le premier point, il peut être résolu grâce aux techniques dont on dispose actuellement (ARSAC et RÉRAT, 1962) permettant des prises de sang indolores et répétées à intervalles réguliers avant et après le repas, soit dans la veine porte, soit dans la veine jugulaire dont le sang peut être considéré comme représentatif du sang artériel.

La mesure du débit dans la veine porte, à l'opposé, n'a pratiquement fait l'objet d'aucune étude systématique chez le Porc, contrairement à ce qui a été entrepris pour le Chien (SHOEMAKER, 1960 ; GREEN *et al.*, 1959 ; PRICE *et al.*, 1965 ; KATZ et BERGMAN, 1969) et pour les Ruminants (BENSADOUN et REID, 1962 ; FEGLER et HILL, 1958 ; SCHAMBYE, 1955 *a et b* ; AMBO *et al.*, 1963 ; ROE *et al.*, 1966 ; CARR et JACOBSON, 1968 ; KATZ et BERGMAN, 1969 *b*). C'est pourquoi nous avons mis au point chez le Porc, une méthode d'étude permettant de connaître le débit sanguin dans la veine porte, ses variations et les facteurs susceptibles d'intervenir.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le principe de la méthode utilisée consiste à créer un champ magnétique de faible intensité, perpendiculairement au courant sanguin, et à mesurer la variation de la force électromotrice induite par le déplacement du sang, variation proportionnelle à la vitesse de ce dernier (KOLIN, 1952 ; KOLIN *et al.*, 1957 ; KOLIN et KADO, 1959). Dans ce but, un débitmètre électromagnétique

Medicon K 2000 a été utilisé, avec des sondes en « epoxy », modèle K (Statham) de 12 ou 14 mm de diamètre intérieur, calibre le mieux adapté. Ces sondes sont constituées de deux demi-cylindres pouvant pivoter autour d'une charnière les reliant le long de leur grand axe, et former ainsi un bracelet autour du vaisseau intéressé.

Pour un animal donné, la technique chirurgicale utilisée en vue de mettre en place la sonde est constituée des étapes suivantes :

- anesthésie générale de l'animal (ARSAC et RÉRAT, 1962) ;
- ouverture de la cavité abdominale, soit par la ligne blanche, soit par voie hypochondrale droite, cette dernière voie permettant de raccourcir le trajet intra-abdominal des fils de la sonde ;
- reclinaison des masses intestinales à l'aide de champs Tetra et dégagement de la veine porte entre sa pénétration dans le hile du foie et la convergence des veines mésentériques ;
- confection d'un tunnel périverneux d'un centimètre de large environ dans le tissu conjonctif situé entre la tunique externe de la veine porte et le mésentère ;
- mise en place de la sonde, ligature de l'orifice du canal pratiqué dans le mésentère, fixation des fils de sonde sur le péritoine pariétal, et sortie des fils par un orifice pratiqué dans la paroi du flanc droit, ligature en bourse de la plaie péritonéale correspondante ;
- de façon analogue, mise en place d'un système hydraulique d'obturation de la veine porte, pouvant être commandé de l'extérieur de l'animal, afin de contrôler le zéro de l'appareil en cours d'expérience (KHOURI et GREGG, 1967 ; JACOBSON et SWAN, 1966) ;
- fermeture de la plaie principale et fixation des fils de la sonde à la peau ;

Dix animaux ont subi avec succès cette opération. N'ont été retenus ici que les animaux ayant subi des enregistrements prolongés de plus de 30 jours, non interrompus pour des raisons accidentelles (rupture des broches ou des fils par des animaux agités, apparition de courts-circuits dans les sondes). Leurs caractéristiques ainsi que celles des enregistrements sont rapportées dans le tableau 1.

TABLEAU I

Caractéristiques des animaux et des enregistrements

Numéro d'élevage du porc	Numéro d'ordre	Date	Durée (j)	Poids début (kg)	Poids fin (kg)	Diamètre sonde (mm)
81398	4	Juillet 68	66	26	69	14
84085	6	Novembre 68	63	28	56	12
84182	7	Février 69	32	45	55	14
95521	10	Octobre 69	35	35	50	12
01366	15	Septembre 70	56	35	70	12

Pour 4 de ces animaux (4, 6, 10, 15), il a été possible d'introduire comme facteur de variation le nombre de repas, maintenu à 3, 2 ou 1 sur une longue période. Ces repas étaient toujours distribués sous forme de « soupe » à un taux constant de dilution (1/3 matière sèche, 2/3 eau), selon un horaire rigoureux (7 h 30, 11 h 30, 17 heures dans le cas de 3 repas, suppression du repas de 11 h 30 dans le cas de 2 repas et de celui de 17 heures dans le cas d'un seul repas).

RÉSULTATS

Les données journalières et individuelles sont difficiles à interpréter en raison des variations qui existent pour un individu donné, d'un jour sur l'autre à la même heure, ou d'un moment à l'autre dans un nyctémère. C'est pourquoi, nous avons tenté d'exploiter les données obtenues soit en les groupant par demi-heure et en établissant la moyenne de ces données sur des périodes prolongées (afin d'établir les variations moyennes du débit au cours de la journée), soit en les groupant sous forme de débit moyen journalier.

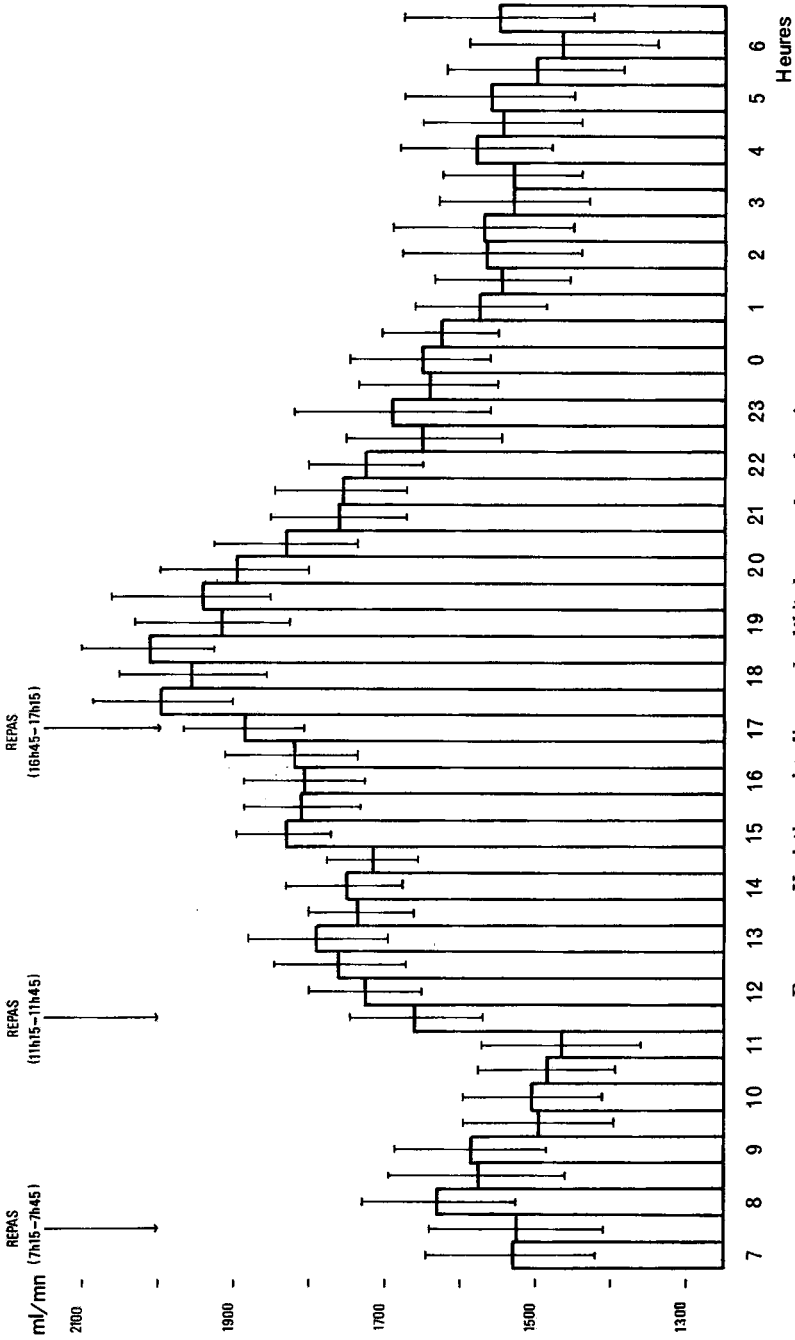


FIG. I. — Variations circadiennes du débit de sang dans la veine porte (moyenne de 15 enregistrements)

1. — Variations moyennes du débit au cours de 24 heures

Cette analyse a été appliquée aux enregistrements des animaux n° 4, 6, 10 et 15, sur un nombre de jours variant entre 6 et 16, pour des périodes où aucun facteur contrôlé n'était modifié.

a) Il apparaît que, pour 3 repas journaliers, il existe deux types de variation : une variation liée au repas et une variation que l'on pourrait considérer comme circadienne (fig. 1).

Ainsi, pour l'animal n° 4 (36 kg) le débit varie de 1 460 à 1 990 ml/mn au cours du nyctémère, les minima étant enregistrées à 6 heures et 11 heures du matin et les maxima entre 17 h 30 et 18 h 30; entre 1 heure et 11 h 30, le débit est inférieur à 1 600 ml/mn, et il est supérieur à 1 800 ml/mn entre 15 h 30 et 20 h 30. Trois semaines après, le même animal présente les mêmes tendances générales, mais le débit s'est accru avec son poids vif (54 kg) : entre 13 h 30 et 22 h 30, il dépasse 2 550 ml/mn; entre 3 heures et 6 h 30, il est inférieur à 2 300 ml/mn.

Il existe par ailleurs un accroissement post-prandial du débit (fig. 1) : ainsi, pour le Porc n° 4 (poids vif : 36 kg), l'augmentation (moyenne de 15 journées d'enregistrement) était de :

- 100 ml/mn à 7 h 30, pour un débit moyen de 1 500 ml/mn.
- 200 à 300 ml/mn à 11 h 30, pour un débit moyen de 1 450 ml/mn.
- 150 à 200 ml/mn à 17 heures pour un débit moyen de 2 000 ml/mn.

Cette augmentation est durable et s'établit sur 1 h 30 à 2 heures.

b) Lorsque le nombre de repas est réduit à deux (7 h 30-17 h 30) ou à un seul (7 h 30), la forme de la courbe moyenne est fortement modifiée. Le point minimum est toujours trouvé au cours des premières heures du jour (vers 1 heure), mais un premier maximum peut être enregistré entre 6 heures et 7 heures avant le repas matinal, et le maximum vespéral est généralement moins marqué que dans le cas de trois repas.

2. — Variations du débit moyen journalier

Il existe pour ces données deux types de variations : une liée à l'individu, et l'autre liée au temps.

Ainsi, d'un porc à l'autre, le débit peut varier dans des proportions faibles ou importantes : quelques jours après l'opération, il est de 1 650 ml/mn pour le porc numéro 4 (poids vif : 36 kg), de 1 550 ml/mn pour le porc numéro 6 (poids vif : 30 kg) et de 1 200 ml/mn pour le porc numéro 10 (poids vif : 37 kg), ce qui correspond à des quantités variant entre 40 et 55 ml/mn/kg de poids vif.

Par ailleurs, comme on pouvait s'y attendre, le débit journalier s'accroît lorsque l'animal prend du poids : ainsi, pour le porc n° 4, il passe de 1 650 à 2 450 ml/mn entre 36 et 54 kg de poids vif, et de 2 450 ml à 3 400 ml/mn entre 54 et 69 kg de poids vif ; soit, rapportés au poids vif, des débits de 45, 45 et 49 ml/mn/kg de poids vif. Il faut cependant souligner que lors d'implantation prolongée des sondes, nous avons pu constater que la paroi veineuse s'épaissit dans des proportions parfois considérables, réduisant d'autant la lumière de la veine : ce fait peut provoquer une accélération du courant sanguin, accélération enregistrée par l'appareil sans pourtant que le débit réel soit accru. Ceci peut constituer une source d'erreur par excès non négligeable et il serait bon de connaître dans quelles conditions et à quel moment apparaît cet épaississement.

DISCUSSION

L'ensemble des résultats montre que le débit sanguin dans la veine porte est soumis à une forte variabilité, et ceci en fonction de nombreux facteurs dont certains peuvent être dégagés et explicités :

— La variation entre individus, relativement élevée, peut correspondre à des caractéristiques physiologiques individuelles, telles que celles enregistrées chez le Chien (KATZ et BERGMAN, 1969),

mais également à la localisation précise d'implantation de la sonde. On peut observer en effet que la veine porte présente des variations anatomiques importantes : selon qu'une collatérale, détectée ou non, se jette dans la veine porte en amont ou en aval de la sonde, cela peut constituer une source de variation non négligeable. En outre, la réaction de la paroi veineuse à la présence de la sonde peut être plus ou moins marquée et plus ou moins précoce.

— Les variations circadiennes de débit porte que nous avons enregistrées ne sont pas sans analogie avec celles précisées par KROETZ (1940) sur le débit cardiaque de l'Homme : le volume débité par minute serait maximum entre 18 heures et 24 heures et minimum entre 4 heures et 5 heures du matin. Ces variations concordent avec les variations de perte calorique mises en évidence chez le Porc par CAIRNIE et PULLAR (1959) ainsi que par HOLMES et MOUNT (1967). Il apparaîtrait ainsi un minimum d'activité métabolique au cours de la nuit et ce fait serait lié à un ralentissement de la circulation aussi bien dans la veine porte que dans la circulation générale.

— Les variations liées au repas correspondent à l'activité accrue des organes digestifs tant sur le plan de la motricité que sur celui des sécrétions. Chez le Mouton, ce phénomène serait plus durable (BENSADOUN et REID, 1962) et plus marqué (KATZ et BERGMAN, 1969 *b*). Il serait intéressant de connaître la part du conditionnement dans cet accroissement de débit puisque dans certains cas, on le constate quelques minutes avant le repas.

D'une façon générale, les résultats de débit moyen ne sont pas en désaccord avec les données concernant les autres espèces : 37 à 45 ml/mn/kg chez le Mouton (FEGLER et HILL, 1958 ; SCHAMBYE, 1955 ; ROE *et al.*, 1966), 45 ml/mn/kg chez le Chien (KATZ et BERGMAN, 1969).

Enfin, sur le plan de l'étude de l'absorption, on peut conclure que cette technique utilisée isolément ne permet pas, en première analyse, de fournir des règles strictes concernant la prévision des variations de débit. La quantification de l'absorption exige donc la mise en œuvre simultanée de cette technique et de celles permettant d'évaluer les variations de concentration des nutriments dans le sang porte de l'animal.

Reçu pour publication en Octobre 1970.

SUMMARY

MEASUREMENT OF THE PORTAL BLOOD FLOW IN THE PIG BY MEANS OF AN ELECTROMAGNETIC FLOWMETER

An electromagnetic flowmeter was used in the pig for studying portal blood flow rate and defining more accurately its variations and the factors liable to interfere. The flow probe was placed successively in 10 *Large White* pigs of 30-40 kg live weights, and maintained for recording periods ranging between 8 and 65 days. Only the most important results are summarized in the current paper. Considerable variability of the portal blood flow rate was recorded, and four factors of variation could be pointed out :

1. Circadian rhythm. The portal blood flow rate was the lowest during the night and the highest in the afternoon, with a range of variation of 30 per cent. The pattern of the daily mean curve was altered when the daily number of meals was changed.
2. Food intake. A more or less marked increase in portal blood flow rate occurred at each meal (7 to 20 per cent of the rate at rest).
3. Live weight. The daily mean rate increased depending on live weight. It seems to remain constant when expressed in terms of live weight.
4. Individual variation. Daily individual variations of 40 to 55 ml/kg/mn were recorded.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMBO K., MATSUDA S., UMEZU M., 1963. Studies on the nutritional significances of portal blood in ruminants. II. On the measurement of the portal blood flow by means of the orifice flowmeter. *Tohoku J. agric. Res.* **14**, 25-29.
- ARSAC M., RÉRAT A., 1962. Technique de fistulation de la veine porte chez le Porc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **2**, 335-343.
- BENSADOUN A., REID J. T., 1962. Estimation of the rate of portal blood flow in ruminants. Effects of feeding, fasting and anesthesia. *J. Dairy Sci.*, **45**, 540-543.
- CAIRNIE A. B., PULLAR J.-D., 1959. An investigation into the efficient use of time in the calorimetric measurement of heat output. *Br. J. Nutr.* **13**, 431-439.
- CARR S. B., JACOBSON D. E., 1968. Method for measurement of gastrointestinal absorption in normal animals, combining portal-carotid differences and telemetered portal flow by doppler shift. *J. Dairy Sci.*, **51**, 721-729.
- FEGLER G., HILL K. G., 1958. Measurement of blood flow and heat production in the splanchnic region of the anesthetized sheep. *Quart. J. Exptl. Physiol.*, **43**, 189-196.
- GREEN H. D., LOCKSLEY S. H., HALL S. L., SEXTON J., DEAL C. P., 1959. Autonomic vasomotor response in the canine hepatic arterial and venous beds. *Am. J. Physiol.*, **196**, 196-206.
- HOLMES C. W., MOUNT L. E., 1967. Heat loss from groups of growing pigs under various conditions of environmental temperature and air movement. *Anim. Prod.* **9**, 435-452.
- JACOBSON E. D., SWAN K. G., 1966. Hydraulic occluder for chronic electromagnetic blood flow determinations. *J. Appl. Physiol.*, **21**, 1400-1402.
- KATZ M. L., BERGMAN E. N., 1969 a. Simultaneous measurements of hepatic and portal venous blood flow in the sheep and dog. *Am. J. Physiol.*, **216**, 946.
- KATZ M. L., BERGMAN E. N., 1969 b. Hepatic and portal metabolism of glucose, free fatty acids, and ketone bodies in the sheep. *Am. J. Physiol.* **216**, 953-960.
- KHOURI E. M., GREGG D. E., 1967. An inflatable cuff for zero determination in blood flow studies. *J. Appl. Physiol.* **23**, 395-397.
- KOLIN A., 1952. Improved apparatus and technique for electromagnetic determination of blood flow. *Rev. Sci. Instr.* **23**, 235-242.
- KOLIN A., ASSALI N., JENSEN R., 1957. Electromagnetic determination of regional blood flow in unanesthetized animals. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **43**, 527-540.
- KOLIN A., KADO R. T., 1959. Miniaturization of the electromagnetic blood flowmeter and its use for the recording of circulatory responses of conscious animals to sensory stimuli. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **45**, 1312-1321.
- KROETZ Ch., 1940. Der 24-Stunden-Rythmus der Kreislaufregulation. *Acta Med. Scand., Suppl.*, **108**, 234-240.
- PRICE J.-B. JR., BRITTON R.-C., PETERSON L.-M., REILLY J. W., VOORHES A.-B., 1965. The validity of chronic hepatic blood flow measurements obtained by electromagnetic flowmeter. *J. Surg. Res.* **5**, 313-317.
- ROE W.-E., BERGMAN E. N., KON K., 1966. Absorption of ketone bodies and other metabolites via the portal blood of sheep. *Am. J. Vet. Res.*, **27**, 729-736.
- SCHAMBYE P., 1955. a) Experimental estimation of the portal vein blood flow in sheep. I. Estimation of an infusion method and results from acute experiments. *Nord. Veterinar. Med.*, **7**, 961-975.
- SCHAMBYE P., 1955. b) Experimental estimation of the portal vein blood flow in sheep. II. Chronic experiments in cannulated sheep applying infusion and injection methods. *Nord. Vet. Med.*, **7**, 1001-1066.
- SHOEMAKER W.-C., 1960. Measurement of hepatic blood flow in the unanesthetized dog by a modified brom sulphalein method. *J. Appl. Physiol.*, **15**, 473-478.