

Influence de la nature des nutriments sur l'insulinémie chez le veau ruminant

R. GUILHERMET, R. TOULLEC

avec la collaboration technique de Patricia PORTEBOIS, Michèle FORMAL et P. GAUCHET

*Station de Recherches zootechniques, I.N.R.A.,
Ecole Nationale Supérieure Agronomique,
65, rue de St-Brieuc, 35042 Rennes Cedex.*

Summary. *Effect of the nature of nutrients on blood insulin in the ruminant calf.*

The aim of this work was to study the effect of the nature of nutrients on the regulation of postprandial blood insulin in the ruminant calf. In the first trial, 29 Charolais × Friesian bull calves were weaned at 7 weeks of age and divided into two groups (S and LS) of 10 and 19 animals each fed two isoenergetic and isoprotein diets. Diet S consisted of concentrate (73 %) and dehydrated fescue (27 %). Diet LS contained concentrate (55 %), dehydrated fescue (20 %) and a mixture (25 %) of whey ultrafiltrate (70 %) and casein (30 %) ; this mixture was offered once daily in liquid form in order to bypass the rumen. Blood samples were obtained from the jugular vein at weeks 12 and 13. During the first 6 postprandial hours, plasma levels of glucose and insulin were much higher with diet LS than with diet S (fig. 1) ; on the contrary, plasma levels of volatile fatty acids and urea were lower with diet LS. Liveweight gain and carcass gain were 6 and 15 % higher, respectively, between 8 and 15 weeks of age (tabl. 1).

In the second trial, 18 calves of group LS were divided into three groups (A, B and C) during weeks 17 and 18. Group A received concentrate feed, dehydrated fescue and a liquid supplement of whey ultrafiltrate (70 %) and casein (30 %). Group B was given whey ultrafiltrate alone and group C casein alone. During week 19, the calves of group B received a liquid supplement providing twice less whey ultrafiltrate than before (D). In calves given the highest quantities of lactose (groups A and B), plasma glucose and insulin levels were very high during the first 6 postprandial hours (fig. 2). When the intake of lactose was halved (group D), postprandial levels of plasma glucose and insulin increased less and lasted a shorter time. When casein was offered alone (group C), these plasma levels did not increase more than when the dry diet was fed alone (group S in the first trial).

In young ruminants as in monogastric animals, glucose absorbed from the small intestine stimulates insulin secretion much more than amino acids ; it also has more effect than volatile fatty acids absorbed from the rumen. Ruminant diets could not stimulate insulin secretion as much as diets permitting the absorption of large quantities of glucose.

Introduction.

La réponse de la sécrétion d'insuline au glucose circulant et l'effet consécutif de l'insuline sur l'utilisation du glucose et des acides aminés sont bien connus chez le monogastrique ; en revanche, le rôle joué par le glucose chez le ruminant est plus contesté. Pour certains auteurs (Horino *et al.*, 1968 ; Trenkle, 1970 ;

Ambo, Takahashi et Tsuda, 1973 ; Ross et Kitts, 1973 ; Kamalu et Trenkle, 1978 b), les acides gras volatils, en particulier l'acide propionique et l'acide butyrique, seraient les principaux responsables de la sécrétion d'insuline alors que pour d'autres (Stern *et al.*, 1970 ; Tao et Asplund, 1975), ce serait le glucose ; en outre, comme chez le monogastrique, les acides aminés pourraient également intervenir (Mc Atee et Trenkle, 1971 ; Davis, 1972).

Chez le veau ruminant, il est possible de modifier la nature des nutriments absorbés, en utilisant le réflexe de fermeture de la gouttière œsophagienne, pour permettre à des suppléments liquides de passer directement dans la caillette (Guilhermet, Patureau-Mirand et Toullec, 1976 ; Guilhermet, Coroller et Toullec, 1980) ; une élévation importante de la concentration sanguine en glucose ou en acides aminés est ainsi obtenue à la suite d'un apport post-ruminal de lactose ou de protéines. L'effet favorable observé sur la croissance (Guilhermet *et al.*, 1977) pourrait être lié à une modification de l'état hormonal de l'animal, notamment à une stimulation de la sécrétion d'insuline, qu'il serait intéressant de préciser. Le veau ruminant recevant des suppléments liquides peut également servir de modèle pour étudier l'effet des nutriments sur la sécrétion d'insuline.

Au cours d'une première expérience, nous avons donc étudié l'effet de la nature des nutriments sur l'insulinémie, l'état nutritionnel et la croissance des veaux, en comparant 2 régimes isoénergétiques et isoazotés dont l'un était composé uniquement d'aliment concentré et de fétuque déshydratée et l'autre comportait en outre un apport post-ruminal de lactose (ultrafiltrat de lactosérum) et de protéines (caséine). L'effet de la nature (lactose ou protéines) et du niveau (quantité de lactose) de l'apport post-ruminal sur la sécrétion de l'insuline, ont également été envisagés au cours d'une seconde expérience.

Matériel et méthodes.

Première expérience. — Vingt-neuf veaux mâles croisés Charolais × Frison sont sevrés à l'âge de 7 semaines. Une semaine après le sevrage, ils sont répartis en 2 lots (S et LS) de 10 et 19 animaux et reçoivent jusqu'à 16 semaines 2 régimes isoénergétiques ⁽¹⁾ et isoazotés ⁽¹⁾. Le premier (lot S) est composé exclusivement d'aliment concentré ⁽²⁾ (73 %) et de fétuque déshydratée (27 %). Le second (lot LS) comporte un autre aliment concentré ⁽³⁾ (55 %), de la fétuque déshydratée (20 %) et une buvée (25 %) constituée par un mélange d'ultrafiltrat de lactosérum (70 %) et de caséine (30 %) : le mélange est dilué dans l'eau (250 g/750 g) et distribué au seau une fois par jour à 10 h. Les quantités d'aliments proposés et refusés sont pesées chaque jour et les animaux sont

⁽¹⁾ Les quantités distribuées sont calculées de manière à ce que les quantités d'énergie nette (UFV) et de protéines digestibles dans l'intestin (PDI) exprimées par kg P^{0,75} soient identiques dans les 2 lots.

⁽²⁾ Composition (%) : orge 70,5 ; tourteau de soja 19,2 ; luzerne déshydratée 3,2 ; mélasse 3,2 ; urée 0,6 ; condiment minéral et vitaminisé 3,2. Teneur en matières azotées totales : 21,3 %/MS.

⁽³⁾ Composition (%) : orge 87,3 ; luzerne déshydratée 4 ; mélasse 4 ; condiment minéral et vitaminisé 4 ; urée 0,8. Teneur en matières azotées totales : 13,3 %/MS.

pesés chaque semaine. Des prises de sang sont effectuées à 12 et 13 semaines à l'aide de cathéters posés dans la veine jugulaire pour déterminer les teneurs du plasma en insuline, glucose, acides gras volatils (AGV) et urée (fig. 1).

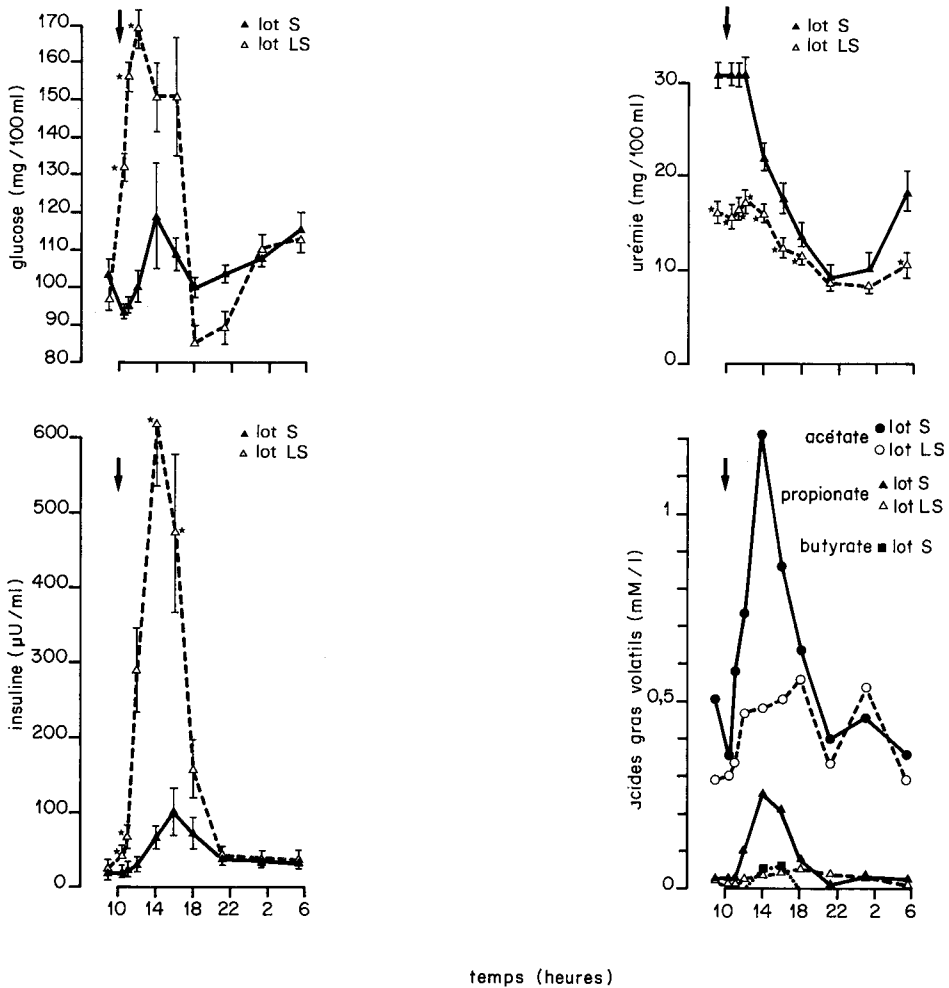


FIG. 1. — Effet de la nature du régime sur l'évolution des concentrations plasmatiques en glucose, urée, acides gras volatils et insuline (moyennes et écarts-types des moyennes) (\downarrow = repas) (lot S : régime exclusivement solide ; lot LS : régime avec supplément liquide).

* Différence significative ($P < 0,05$).

L'urée est dosée par la méthode à la monoxine, le glucose par la méthode à la glucose-oxydase (Michel, 1973) et les AGV par chromatographie en phase gazeuse, après extraction alcoolique (Rémésy et Demigné, 1974). L'insuline est déterminée par immuno-enzymologie, à l'aide d'une trousse Boeringher. Cette technique utilise des anti-corps anti-insuline porcine obtenus chez le cobaye, de

l'insuline porcine marquée par la peroxydase comme antigène et de l'insuline de porc comme standard.

Les analyses sont effectuées sur tous les échantillons individuels de plasma, sauf les dosages d'AGV qui ne portent que sur des échantillons moyens par lot.

Deuxième expérience. — Dix-huit veaux du lot LS de l'expérience précédente sont utilisés à l'issue de la 16^e semaine d'âge. Au cours des 17^e et 18^e semaines, 3 lots A, B et C de 6 animaux reçoivent en plus du régime de ruminant, distribué précédemment, une buvée composée soit d'ultrafiltrat de lactosérum et de caséine comme dans l'essai précédent (lot A), soit d'ultrafiltrat de lactosérum seul (lot B), soit de caséine seule (lot C). En outre, au cours de la 19^e semaine, les animaux du lot B reçoivent la buvée d'ultrafiltrat de lactosérum réduite de moitié (lot D). Des prises de sang sont effectuées dans la veine jugulaire pour déterminer les teneurs plasmatiques en glucose et insuline.

Résultats.

Première expérience.

Croissance et efficacité alimentaire. — Les animaux du lot S ingèrent 16 % de matière sèche de plus que ceux du lot LS, mais les quantités d'énergie nette (UFV) et de protéines (PDI) sont très voisines pour les 2 lots (tabl. 1). Le gain de poids vif est légèrement supérieur (6 %) chez les animaux du lot LS et le gain de carcasse calculé est significativement plus élevé ; il en est de même pour la conversion de la matière sèche ingérée en croît alors que celles de l'énergie et des protéines sont peu différentes.

TABLEAU 1

Quantités consommées, gain de poids vif et efficacité alimentaire (première expérience)
(moyennes et écarts types des moyennes)

Régime	S		LS	
Poids initial (kg)	82,4	(1,4)	82,5	(1,4)
Poids final (kg)	147,4	(2,0)	151,4	(3,2)
Gain de poids vif (g/j)	1 031	(30)	1 094	(33)
Gain de poids de carcasse (g/j) calculé ⁽¹⁾ (*)	546	(16)	627	(18)
Quantités consommées (kg/j)				
— matière sèche	2,32	(0,06)	2,01	(0,05)
— énergie nette (UFV)	2,27	(0,07)	2,33	(0,06)
— protéines (PDI)	270	(6)	271	(7)
Efficacité alimentaire				
— gain de poids vif (kg)/MS ingérée (kg) (*)	0,446	(0,008)	0,544	(0,009)
— gain de poids vif (kg)/énergie nette ingérée (UFV)	0,454	(0,008)	0,470	(0,01)

⁽¹⁾ Le gain de poids de carcasse a été calculé en utilisant des rendements (poids de carcasse/poids vif) de 53,0 et 54,5 % respectivement pour les animaux des lots S et LS, conformément aux résultats obtenue à l'abattage avec des veaux ayant reçu des régimes similaires (Guilhermet, résultats non publiés).

(*) Différence significative (P < 0,05).

Concentrations plasmatiques en glucose, insuline, acides gras volatils et urée (fig. 1). — Les teneurs du plasma en glucose et en insuline sont considérablement plus élevées chez les veaux du lot LS pendant les 6 premières heures qui suivent l'ingestion de la buvée ; les pics de glucose et d'insuline se produisent 2 et 4 h après le repas respectivement. En revanche, pendant ce temps, la teneur plasmatique en propionate et surtout celle en acétate, ainsi que celle en urée, sont plus faibles. Les coefficients de corrélation entre le glucose et l'insuline sont respectivement de 0,62 ($P < 0,001$) et 0,31 ($P < 0,01$) pour les lots LS et S et de 0,58 ($P < 0,001$) pour l'ensemble des animaux.

Deuxième expérience.

Concentrations plasmatiques en glucose et en insuline (fig. 2). — Chez les animaux recevant les buvées contenant l'ultrafiltrat de lactosérum (lots A et B), les teneurs plasmatiques en glucose et en insuline sont beaucoup plus fortes que chez les veaux recevant la caséine seule (lot C) pendant les 6 premières heures

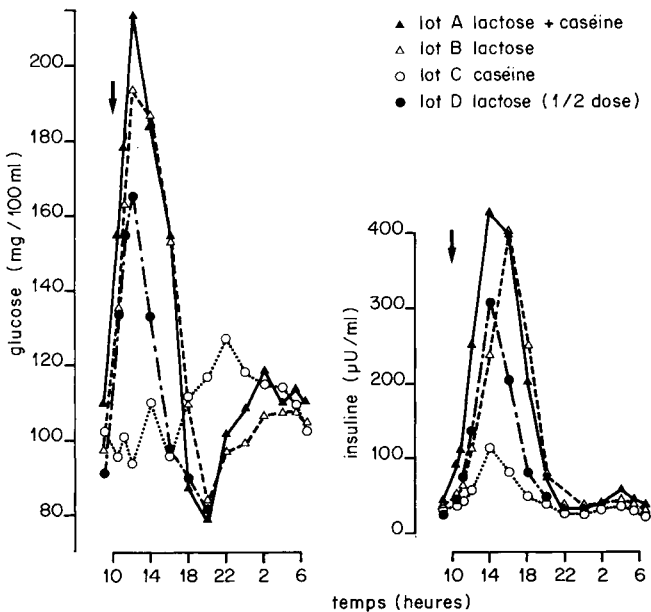


FIG. 2. — Effet de la nature de l'apport post-ruminal sur l'évolution des concentrations plasmatiques en glucose et insuline (↓ = repas).

Différences significatives ($P < 0,05$).

- à 10 h 30, 11 h et 12 h : A et B > C
 Glucose à 14 h et 16 h : A et B > C et B > D
 à 20 h : A et B < C
 à 22 h et 0 h : B < C
 à 11 h : A > B et C
 Insuline à 12 h : B > C
 à 16 h : B > C
 à 18 h : D > C

post-prandiales. Lorsque la buvée d'ultrafiltrat est réduite de moitié (lot D), l'élévation des teneurs plasmatiques en glucose et en insuline est moins forte et moins durable. La buvée de caséine seule (lot C) n'influence pas notablement l'évolution des teneurs plasmatiques en glucose et en insuline, par rapport à celle observée dans l'essai 1, chez les veaux exclusivement ruminants (lot S). Les coefficients de corrélation entre le glucose et l'insuline sont respectivement de 0,69 ($P < 0,001$), 0,68 ($P < 0,001$), 0,79 ($P < 0,001$) et 0,29 ($P < 0,005$) pour les lots A, B, C et D et de 0,58 ($P < 0,001$) pour l'ensemble des animaux.

Discussion.

Comme cela a déjà été observé chez les veaux (Kamalu et Trenkle, 1978 a ; Grizard *et al.*, 1976, 1982) ou les agneaux (Basset, 1974) avec le lait, l'ingestion des buvées contenant du lactose provoque une augmentation considérable de la concentration plasmatique en insuline. Cette évolution est à associer à la très forte élévation de la teneur du plasma en glucose, consécutive à la digestion du lactose dans l'intestin grêle. Une augmentation similaire de la glycémie a déjà été observée chez le veau ruminant, par Guilhermet *et al.* (1977) et Guilhermet, Coroller et Toullec (1980), en distribuant des suppléments liquides riches en lactose. La libération d'insuline est d'autant plus forte que la quantité de lactose ingérée et donc la glycémie consécutive à cette ingestion sont plus élevées ; cela montre que le glucose absorbé à la suite de la digestion du lactose dans l'intestin grêle, stimule puissamment la sécrétion d'insuline chez le veau ruminant, ce qui s'accorde avec les résultats de Tao et Asplund (1975) chez la brebis et de Grizard *et al.* (1976, 1982) chez le veau préruminant.

Il est probable que le glucose est aussi le principal responsable du pic d'insuline chez les animaux exclusivement ruminants puisque celui-ci se produit lorsque la glycémie est élevée. Le même phénomène a été observé par Jenny et Polan (1975), chez des vaches recevant un régime riche en céréales. Une action des AGV n'est pas à exclure, puisque leurs concentrations plasmatiques sont élevées lorsque celle en insuline est maximum ; comme les AGV ne sont pas dosés dans les échantillons individuels, il n'est pas possible de calculer les coefficients de corrélation entre eux et l'insuline ; cependant, de nombreux travaux (Horino *et al.*, 1968 ; Trenkle, 1970 ; Ambo, Takahashi et Tsuda, 1973 ; Kamalu et Trenkle, 1978 b) ont montré que le propionate et surtout le butyrate infusés par voie intraveineuse ont une efficacité supérieure à celle du glucose pour stimuler la sécrétion d'insuline. Pourtant, le rôle des AGV est sans doute limité car, lorsqu'ils sont infusés dans le rumen, ils ne paraissent plus être les principaux facteurs contrôlant la libération d'insuline (Stern *et al.*, 1970 ; Tao et Asplund, 1975). L'action de médiateurs, tels que les hormones gastro-intestinales, sur la décharge d'insuline, pourrait expliquer ces différences suivant la voie empruntée par les nutriments pour parvenir dans le sang. En particulier, lorsque le glucose est absorbé dans l'intestin grêle, il favorise la libération du peptide inhibiteur gastrique, dont l'action insulinothrompe a été mise en évidence (cf. revue de Brown *et al.*, 1978). L'évolution des teneurs plasmatiques en insuline à la suite de l'ingestion de caséine seule est très voisine de celle observée chez les animaux exclusi-

vement ruminants, bien qu'une influence éventuelle de l'âge ne puisse être exclue (Florence et Quaterman, 1972 ; Milner *et al.*, 1975) ; il est vraisemblable que les acides aminés absorbés dans l'intestin grêle agissent beaucoup moins que le glucose, comme l'ont observé Grizard *et al.* (1982), chez le veau préruminant. Les acides aminés pourraient renforcer l'action du glucose sur la libération d'insuline comme l'ont montré Simon et Rosselin (1978) chez le poulet et Nathanielsz (1970) chez le veau nouveau-né. En revanche, lorsqu'ils sont administrés par voie intraveineuse, les acides aminés ont une action stimulatrice sur la sécrétion d'insuline aussi bien chez l'homme (Floyd *et al.*, 1966) que chez les bovins (Mc Atee et Trenkle, 1971 ; Davis, 1972) ; toutefois ce mode d'apport ne constitue pas la voie physiologique normale.

Il est permis de penser qu'à l'amélioration du gain de poids vif et surtout du gain de carcasse, correspond un accroissement des dépôts protéiques, comme en témoigne la forte réduction de la concentration plasmatique en urée chez les veaux qui reçoivent la buvée composée de lactose et de caséine par rapport aux animaux exclusivement ruminants, alors que les régimes sont isoénergétiques et isoprotéiques. La réduction de la concentration en urée est également due en partie à la diminution de la quantité de protéines dégradées dans le rumen. L'amélioration de la croissance est vraisemblablement liée en partie à l'action de l'insuline. Malgré son niveau élevé, l'insuline ne semble pas avoir favorisé l'adipogénèse, chez nos jeunes animaux en croissance ; en effet, la distribution, à des veaux préruminants, de régimes provoquant une augmentation de l'insulinémie (Grizard *et al.*, 1976), peut entraîner une augmentation de la fixation de protéines et une diminution de celle de lipides (Vermorel *et al.*, 1973). L'administration d'insuline exogène diminue la concentration en acides aminés plasmatiques chez les ruminants (Call *et al.*, 1972 ; Brockman *et al.*, 1975). L'infusion intraveineuse de glucose accroît le prélèvement des acides aminés par les tissus (Offer *et al.*, 1975) et réduit davantage la teneur en acides aminés du plasma que ne le fait l'infusion d'acides gras volatils (Tao et Asplund, 1975).

En conclusion, comme le suggéraient Tao et Asplund (1975), cette étude montre que dans des conditions physiologiques normales d'alimentation intensive, le glucose semble être un stimulateur puissant de la sécrétion d'insuline chez le veau ruminant ; les acides aminés absorbés dans l'intestin n'agissent pas seuls. Même lorsqu'ils sont très riches en aliment concentré et donc aptes à fournir de grandes quantités d'acides gras volatils, les régimes de ruminants ne peuvent provoquer une libération d'insuline aussi importante que ceux procurant une forte quantité de glucose ; les régimes de ruminants semblent être moins efficaces, mais cela mérite d'être précisé, notamment par une meilleure appréciation de l'utilisation des nutriments et de la composition corporelle.

8^e Réunion du groupe Développement I.N.R.A.,
Tours, 12-13 mai 1982.

Remerciements. — Nous remercions C. Remesy pour le dosage des acides gras volatils.

Références

- AMBO K., TAKAHASHI H., TSUDA T., 1973. Effects of feeding and infusion of short-chain fatty acids and glucose on plasma insulin and blood glucose levels in sheep. *Tohoku J. agric. Res.*, **24**, 54-62.
- BASSET J. M., 1974. Early changes in plasma insulin and growth hormone levels after feeding in lambs and adult sheep. *Aust. J. biol. Sci.*, **27**, 157-166.
- BROCKMAN R. P., BERGMAN E. N., 1975. Quantitative aspects of insulin secretion and its hepatic and renal removal in sheep. *Am. J. Physiol.*, **229**, 1338-1343.
- BROWN J. C., DRYBURGH J. R., FROST J. L., OTTE S. C., PEDERSON R. A., 1978. Properties and action of GIP, 277-282. In BLOOM S. R., *Gut hormones*, Churchill Livingstone, Edinburgh.
- CALL J. L., MITCHELL G. E. J., ELY D. G., LITTLE C. O., TUCKER R. E., 1972. Amino-acids, volatile fatty acids and glucose in plasma of insulin-treated sheep. *J. anim. Sci.*, **34**, 767-771.
- DAVIS S. L., 1972. Plasma levels of prolactin growth hormone and insulin in sheep following the infusion of arginine, leucine and phenylalanine. *Endocrinology*, **91**, 549-555.
- FLOYD J. C., FAJANS S. S., CONN J. W., KNOPF R. F., RULL J., 1966. Stimulation of insulin secretion by amino acids. *J. clin. Invest.*, **45**, 1487-1502.
- FLORENCE E., QUATERMAN J., 1972. The effects of age, feeding and sucrose on glucose tolerance, and plasma free fatty acids and insulin concentrations in the rat. *Br. J. Nutr.*, **28**, 63-74.
- GRIZARD J., PATUREAU-MIRAND P., PION R., 1976. Utilisation d'un régime riche en produits amyliacés par le veau préruminant de poids élevé. II. Influence sur l'insulinémie post-prandiale. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 593-601.
- GRIZARD J., TOULLEC R., GUILLOTEAU P., PATUREAU-MIRAND P., 1982. Influence de la cinétique d'évacuation gastrique de l'aliment sur l'insulinémie chez le veau préruminant. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **22**, 475-484.
- GUILHERMET R., COROLLER J. Y., TOULLEC R., 1980. Effet d'un apport post-ruminal d'énergie ou d'énergie et de protéines sur la prise alimentaire chez le veau ruminant. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **20**, 1645-1649.
- GUILHERMET R., PATUREAU-MIRAND P., TOULLEC R., 1976. Influence de la distribution sous forme solide ou liquide d'un supplément riche en protéines chez le veau ruminant. *Ann. Zootech.*, **25**, 281-286.
- GUILHERMET R., PATUREAU-MIRAND P., TOULLEC R., PARUELLE J. L., 1977. Utilisation de la gouttière œsophagienne pour éviter la dégradation dans le rumen, de mélanges de lactose et de caséine, chez le veau ruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **17**, 543-547.
- HORINO M., MACHLIN L. J., HERTELENDY F., KIPNIS D. M., 1968. Effect of short chain fatty acids on plasma insulin in ruminant and non ruminant species. *Endocrinology*, **83**, 118-128.
- JENNY B. F., POLAN C. E., 1975. Post-prandial blood glucose and insulin in cows fed high grain. *J. Dairy Sci.*, **58**, 512-514.
- KAMALU T. N., TRENKLE A., 1978 a. Post-prandial changes in plasma insulin, glucose and plasma free fatty acids of milk fed calves. *Nutr. Rep. Int.*, **18**, 243-248.
- KAMALU T. N., TRENKLE A. H., 1978 b. Insulin secretory response to increasing doses of glucose and volatile fatty acids in sheep. *Nutr. Rep. Int.*, **18**, 267-271.
- Mc ATEE J. W., TRENKLE A., 1971. Metabolic regulation of plasma insulin levels in cattle. *J. anim. Sci.*, **33**, 438-442.
- MICHEL M. C., 1973. Recherche de tests biochimiques destinés à caractériser l'état nutritionnel et sanitaire d'un troupeau de veaux. *Ann. Rech. vét.*, **4**, 113-124.
- MILNER R. D. G., LEACH F. N., ASWORTH M. A., CSER A., JACK P. M. B., 1975. Development of pathways of insulin secretion in the rabbit. *J. Endocr.*, **64**, 349-361.
- NATHANIELSZ P. W., 1970. Amino-acid stimulation of insulin release in the newborn calf. *J. Endocrinol.*, **48**, 141-142.
- OFFER N. W., TAS M. V., AXFORD R. F. E., EVANS R. A., 1975. The effect of glucose infusion on the plasma free amino-acids in sheep. *Br. J. Nutr.*, **34**, 375-382.
- RÉMÉSY C., DEMIGNÉ C., 1974. Determination of volatile fatty acids in plasma after ethanolic extraction. *Biochem. J.*, **141**, 85-91.
- ROSS J. F., KITTS W. D., 1973. Relationship between postprandial plasma volatile fatty acids, glucose and insulin levels in sheep fed different feeds. *J. Nutr.*, **103**, 488-493.

- SIMON J., ROSSELIN G., 1978. Effect of fasting, glucose, amino-acids and food intake on *in vivo* insulin release in the chicken. *Horm. Metab. Res.*, **10**, 93-98.
- STERN J. S., BAILE C. A., MAYER J., 1970. Are propionate and butyrate physiological regulators of plasma insulin in ruminants. *Am. J. Physiol.*, **219**, 84-91.
- TAO R. C., ASPLUND J. M., 1975. Effect of energy sources on plasma insulin and nitrogen metabolism in sheep totally nourished by infusion. *J. anim. Sci.*, **41**, 1653-1659.
- TRENKLE A., 1970. Effects of short chain fatty acids, feeding, fasting and type of diet on plasma insulin levels in sheep. *J. Nutr.*, **100**, 1323-1330.
- VERMOREL M., BOUVIER J. C., THIVEND P., TOULLEC R., 1973. Utilisation énergétique des aliments d'allaitement par le veau à l'engrais de différents poids, 143-146. In MENKE LANTZSCH H. J., REICHL J. R., *E.A.A.P. Publ.*, n° 14.
-