

## Digestion dans l'intestin grêle chez le porc

### 2. — Cinétique comparée de passage des digesta selon le mode de fistulation, iléocaecale ou iléo-colique post valvulaire, dans diverses conditions d'alimentation

Béatrice DARCY, J. P. LAPLACE et P. A. VILLIERS  
avec la collaboration technique de A. ROGER et A. VAN HECKE

*Laboratoire de Physiologie de la Nutrition  
Centre national de Recherches Zootechniques, I.N.R.A.,  
78350 Jouy en Josas (France)*

---

#### Résumé

Une nouvelle technique, dite de fistulation iléo-colique post-valvulaire, permettant de collecter les digesta tels qu'ils sont normalement émis vers le gros intestin, est décrite (fig. 2) et testée comparativement à la technique conventionnelle de fistulation ileo-caecale. Neuf porcs mâles castrés de race Large White, d'un poids vif compris entre 47 et 64 kg, ont reçu un seul repas quotidien d'un aliment semi-synthétique à base d'amidon purifié (maïs ou blé, 70 p. 100 de la M.S.) et de farine de poisson (16-8 ou 0 p. 100 de matières azotées totales). Les digesta dérivés ont été recueillis toutes les 2 heures, 24 heures sur 24, et dans un certain nombre de cas toutes les heures entre 9 h et 18 h, pour déterminer les quantités de matière fraîche (M.F.) et de matière sèche (M.S.). Enfin, trois de ces porcs ont été équipés d'électrodes chroniques sur l'intestin grêle pour vérifier l'innocuité de la technique proposée.

Les causes d'échec les plus fréquentes dans les techniques classiques ne sont rencontrées que très exceptionnellement lors de fistulation iléo-colique post-valvulaire. Celle-ci semble très bien tolérée par les animaux. Après un repas d'épreuve, les quantités de M.F. et de M.S. collectées augmentent à partir de la troisième ou quatrième heure, atteignent un débit maximum au cours des cinquième et sixième heures; l'essentiel de la masse alimentaire résiduelle a franchi l'iléon en 14 heures. Les collectes horaires et le bilan des quantités de digesta collectées en 6 heures montrent que le court-circuit de la jonction iléo-caeco-colique conduit à sous-estimer (de 60 à 90 mn) le délai entre l'ingestion d'un repas et le passage de ses résidus. Ainsi, les techniques classiques conduisent bien à une dérivation prématurée des digesta par rapport à leur émission réelle vers le gros intestin telle que permet de l'enregistrer la fistulation post-valvulaire. Par ailleurs, les digesta collectés en 24 heures par cette dernière technique ont une teneur en M.S. (11,8 p. 100) plus élevée que celle des effluents dérivés au niveau de l'iléon (10,7 p. 100). L'étude électromyographique de la motricité de l'intestin grêle permet de constater la persistance de l'organisation des activités électriques en complexes myoélectriques lors de fistulation post-valvulaire, sous réserve de l'entretien de la réplétion colique par restitution des digesta. La suppression de celle-ci modifie sensiblement cette organisation au niveau de l'iléon.

---

## Introduction

L'analyse des problèmes rencontrés par tous les auteurs pour l'obtention de digesta à l'extrémité distale de l'intestin grêle du Porc nous a récemment amenés (DARCY et LAPLACE, 1980) à énumérer 5 principes dont l'application devrait permettre de recueillir les digesta tels qu'ils sont normalement émis vers le gros intestin. Sur cette base, la technique d'une fistulation, dite iléo-colique post-valvulaire, a été progressivement développée (DARCY, LAPLACE et VILLIERS, 1980). Elle consiste schématiquement à monter, sur une canule de forme adaptée, une petite poche de tissu caeco-colique dans laquelle débouche la saillie valvulaire (jonction iléo-caeco-colique). Cette préparation, techniquement réalisable, doit donc faire l'objet d'une étude comparative sur plusieurs points par rapport aux techniques conventionnelles.

La collecte des digesta émis vers le gros intestin est théoriquement plus satisfaisante pour un bilan de la digestion dans l'intestin grêle que la dérivation prématurée des digesta au niveau d'une fistule de l'iléon à une distance variable en amont de la jonction iléo-caeco-colique. La comparaison des cinétiques de passage des digesta selon la technique mise en œuvre devrait permettre une première approche du rôle fonctionnel de la jonction iléo-caeco-colique. De plus, l'éventuelle influence réflexe du gros intestin sur le fonctionnement de l'iléon terminal du porc reste non précisée à ce jour, tant dans des conditions physiologiques que lors d'une restitution de digesta après collecte expérimentale.

Devant la complexité du problème, l'objet du présent travail est de comparer, chez des porcs recevant les mêmes aliments semi-synthétiques, la cinétique de passage des digesta évaluée par collecte au niveau de l'iléon terminal ou par collecte post-valvulaire, en maintenant identiques les autres paramètres : canules de même matériau et même diamètre, et même mode de collecte. Ce parti pris autorise donc une comparaison limitée aux effets de la préservation du rôle fonctionnel de la jonction iléo-caeco-colique par rapport à la dérivation prématurée des digesta. Cependant, pour ce premier inventaire, l'évaluation comparative des 2 techniques a été tentée dans diverses conditions d'alimentation (nature de l'amidon et taux azoté du régime variables).

## Matériel et méthodes

Au total 9 porcs mâles castrés, de race Large White, ont été utilisés pour cette expérimentation. Cinq d'entre eux, d'un poids vif compris entre 57 et 64 kg, ont subi une fistulation iléo-caeco-colique post-valvulaire (Porcs A-B-C-D-E). Les quatre autres porcs, d'un poids vif compris entre 47 et 64 kg ont subi une fistulation iléo-caecale (Porcs M-N-O-P). Dans les deux cas, certains des porcs (D-E-P) ont en outre été équipés d'électrodes implantées chroniques sur l'intestin grêle en vue de l'enregistrement des activités électromyographiques (LAPLACE, 1978).

### 1. — *Technique de fistulation iléo-colique post-valvulaire*

La canule utilisée pour collecter les digesta est constituée par un cylindre de verre pyrex de diamètres 19/22 mm (intérieur/extérieur) dont l'extrémité



FIG. 1. — Canules en verre Pyrex utilisées pour la dérivation des digesta lors de fistulation iléo-colique post-valvulaire (1) et lors de fistulation iléo-caecale (2) chez le Porc.

*Pyrex glass cannulas used for collecting digesta after post-valvular ileocolic fistulation (1) and ileocaecal fistulation (2) in the pig.*

intra-intestinale est élargie à un diamètre intérieur de 32 mm sur une longueur de 20 mm (fig. 1-1).

Après 24 heures de jeûne et sous anesthésie générale (fluothane 2 p. 100; protoxyde d'azote et oxygène 1/1 en circuit semi-fermé), la cavité abdominale est ouverte au niveau de la ligne blanche (voie médiane sous ombilicale). L'ensemble de la masse caeco-colique et l'iléon sont extériorisés. On procède alors à la préparation de la région iléo-caeco-colique par ouverture du péritoine viscéral au long des 20 premiers centimètres du côlon proximal. Cette portion est décollée par dissociation ménagée du plan conjonctif en respectant l'intégrité vasculaire (fig. 2-A). Les dernières branches caecales issues du tronc iléo-caecal sont ligaturées. Le côlon est sectionné transversalement, entre 2 pinces à coprostase, à 5 cm en aval de la jonction ileo-caeco-colique. L'about colique distal est fermé par un surjet enfouissant (soie n° 3). Une canule simple en silicone médical (15,9/22,2 mm int./ext.) est mise en place, à environ 4 cm de la ligne de suture et au niveau de la grande courbure de cet about colique aveugle, de façon à autoriser une éventuelle restitution de digesta. Le caecum est ensuite sectionné transversalement entre 2 pinces à coprostase, à environ 5 cm en amont de la jonction ileo-colique. Son extrémité aveugle se trouve libérée pour l'exérèse. Après protection du champ opératoire, le tronçon caeco-colique ainsi délimité est ouvert et nettoyé (fig. 2B).

La pièce de tissu caeco-colique obtenue, qui porte la saillie iléale, est découpée de façon à former un disque d'environ 10 cm de diamètre, centré sur la saillie marquant l'abouchement de l'iléon. L'hémostase de la section est assurée avant de préparer une suture en bourse de type Murphy (soie n° 4) sur la musculuse. La canule de verre est présentée de façon à coiffer la saillie iléale. La bourse préparée permet de refermer le disque caeco-colique en une petite poche enserrant l'embase de la canule (fig. 2 C).

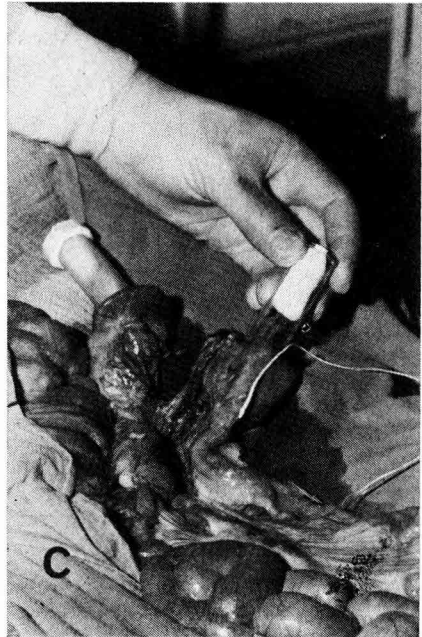
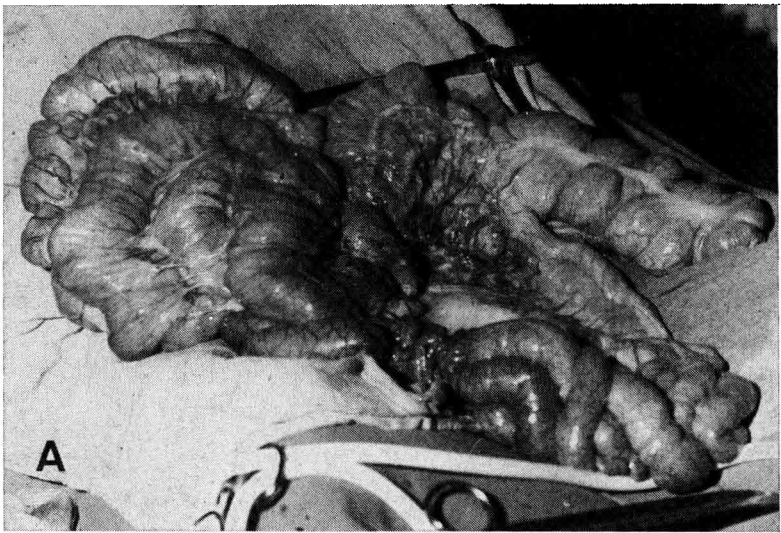


FIG. 2. -- *Fistulation îléo-colique post-valvulaire*

- En A* : Masse caeco-colique après dissociation ménagée de la partie proximale du côlon hélicoïdal; on reconnaît en haut à droite le caecum, en bas à droite la partie distale de l'intestin grêle, et à gauche la masse du côlon hélicoïdal,
- En B* : Pièce de tissu caeco-colique portant en son centre la saillie valvulaire (ostium îléo-caeco-colique).
- En C* : On voit dans la main de l'opérateur la canule en verre de dérivation post-valvulaire des digesta, dans l'axe de laquelle arrive l'îléon terminal, et à gauche la canule en silicone mise en place dans l'about proximal du côlon hélicoïdal. Des électrodes chroniques sont implantées dans l'îléon distal.

*Post-valvular ileocolic fistulation*

- A* : Caeco-colic mass after careful dissociation of the proximal helicoidal colon; top right : caecum, bottom right : distal small intestine, on the left : helicoidal colon.
- B* : Piece of caecocolic tissue with the valvular swelling in the middle (ileo-caeco-colic ostium).
- C* : In the operator's hand : glass cannula for post-valvular collection of digesta, terminal ileum in its middle; left : silicone cannula placed in the proximal end of the helicoidal colon. Chronical electrodes are implanted in the distal ileum.

Les canules de dérivation post-valvulaire (verre) et de réintroduction colique éventuelle (silicone) sont extériorisées dans le creux du flanc gauche. La cavité abdominale est refermée après antibiothérapie *in situ* (Pénicilline G-1 Million UI).

## 2. — Technique de fistulation ileo-caecale

La canule en T utilisée pour la dérivation des digesta comporte un cylindre de verre pyrex de diamètres 19/22 mm (int./ext.) monté sur une embase constituée par un héli-tube de verre (fig. 1-2).

Sous anesthésie générale dans les mêmes conditions que précédemment, et soit par voie médiane sous ombilicale soit par voie latérale droite (creux du flanc), on extériorise l'iléon et le caecum. L'iléon terminal est sectionné à 4 cm en amont de la jonction ileo-caeco-colique (fig. 3-A). Les 2 abouts iléaux sont fermés par un surjet enfouissant de Lambert (soie n° 3). La canule de dérivation des digesta est mise en place au ras de l'insertion du méso iléo-caecal sur l'about iléal proximal. Une canule simple en silicone (15,9/22,2 mm int./ext.), destinée à une éventuelle restitution de digesta, est implantée sur la bandelette latérale du caecum (fig. 3-B). Les canules de dérivation iléale et de réintroduction caecale sont extériorisées dans le creux du flanc droit. La cavité abdominale est refermée après antibiothérapie *in situ* (Pénicilline G - 1 million UI).

## 3. — Préparation des porcs avant le réveil

Les canules de réintroduction, caecale ou colique selon la préparation réalisée, sont maintenues extérieurement par une plaquette de silicone enserrant le corps de la canule au niveau de la surface cutanée et bloquée par la collerette de l'extrémité libre de la canule. L'obturation externe de ces canules est assurée par un bouchon de caoutchouc (embout de piston de seringue à usage unique de 10 ml), porteur d'un fil de nylon facilitant l'ouverture.



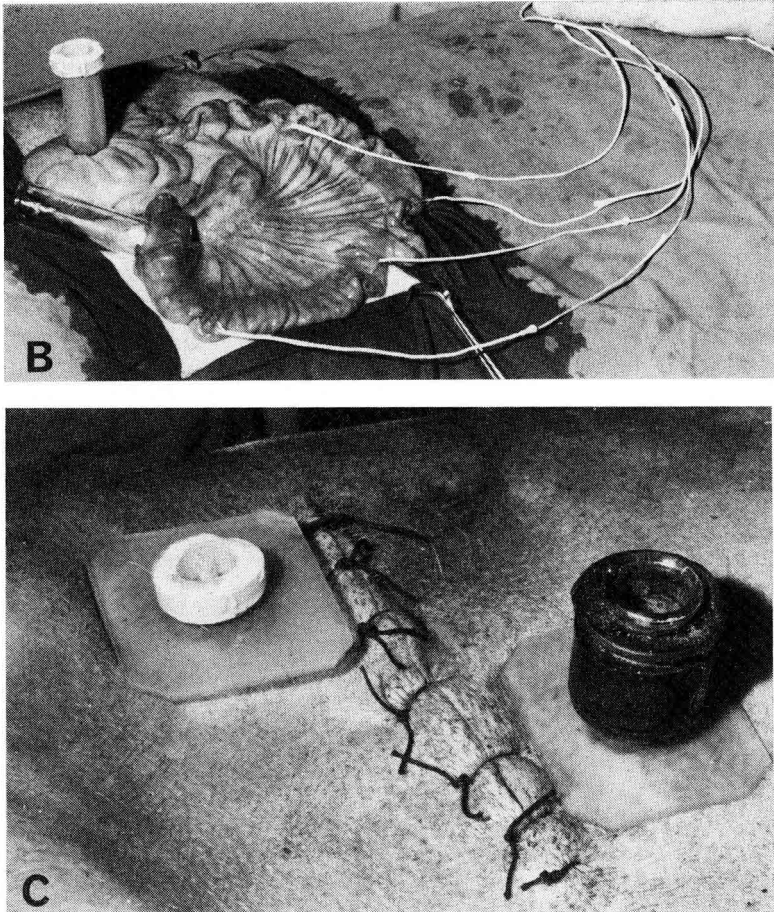


FIG. 3. — *Fistulation ileo-caecole*

- En A* : On voit l'iléon terminal après transection à 2 cm de la jonction iléo-caeco-colique.
- En B* : On voit à gauche la canule de verre en forme de T mise en place dans l'about proximal de l'intestin grêle, et juste au-dessus, la canule en silicone placée dans le caecum. Des électrodes chroniques sont implantées sur l'iléon.
- En C* : Aspects des canules après extériorisation dans le creux du flanc droit : à gauche, la canule caecale de réintroduction ; à droite, la canule iléale en verre immobilisée par le manchon de caoutchouc sur lequel sera fixé le ballon de collecte.

*Ileo-caecal fistulation*

- A* : Terminal ileum after transection 2 cm proximal to the ileo-caeco junction.
- B* : Left : T-shaped glass cannula placed in the proximal stump of the transected small intestine and just above, silicone cannula placed in the caecum. Chronical electrodes are implanted in the ileum.
- C* : Aspects of the cannulas after exteriorization in the right flank; left : the caecal reintroduction cannula; right : ileal glass cannula immobilized by a rubber sleeve on which the collecting bag will be fixed.

Les canules de dérivation en verre sont maintenues par une plaquette de silicone analogue, immobilisée par un manchon de caoutchouc. Ce manchon, enfilé sur l'extrémité libre de la canule (fig. 3 C) est destiné à recevoir un ballon de caoutchouc avec obturateur (du type ballon d'appareil à anesthésie) aisément interchangeable. Une protection complémentaire des canules de verre manchonnées de caoutchouc a été assurée par la présence d'un bloc de mousse en forme de U maintenu contre le flanc de l'animal par un bandage adhésif.

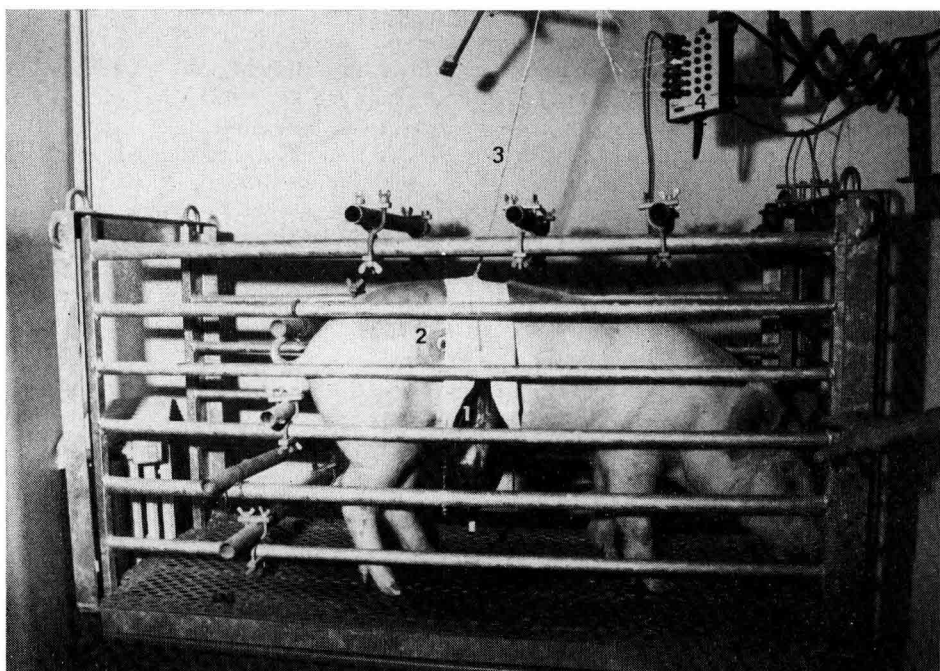


FIG. 4. — *Porc soumis à une fistulation iléo-caecale*

On voit le ballon de collecte (1) monté sur la canule de verre masquée par la protection mousse sous bandage élastique; la canule caecale (2) est visible au bord postérieur du bandage; les électrodes chroniques (3) extériorisées en région médio dorso lombaire, et soutenues par un dispositif à balancier, sont connectées au-dessus de la cage au panneau d'entrée (4) de l'enregistreur.

La préparation des porcs soumis à fistulation iléo-colique post-valvulaire est rigoureusement semblable, mais au niveau du flanc gauche de l'animal.

*Pig subjected to ileocaecal fistulation*

Collecting bag (1) fitted to the glass cannula masked by plastic foam under elastic bandage; the caecal cannula (2) is visible at the posterior edge of the bandage; the chronic electrodes (3) exteriorized in the lumbar area and supported by a counter balance device, are connected to the inlet panel (4) of the recorder, above the cage.

The preparation of pigs subjected to post-valvular ileo-colic fistulation is absolutely the same, but on the left flank of the animal.

Les porcs sont alors placés en cage (fig. 4). Ils reçoivent systématiquement, après l'une ou l'autre des interventions, deux injections intra musculaires à 48 h d'intervalle, de 1 200 000 U.I d'Extencilline <sup>(1)</sup>.

4. — *Entretien et alimentation des porcs*

Après l'intervention, les porcs subissent un jeûne total durant 36 heures. Ils sont ensuite abreuvés. La réalimentation débute au plus tôt 48 heures après l'opération. Les régimes expérimentaux sont distribués d'emblée, selon un plan de rationnement progressif amenant l'animal de 2 repas quotidiens de 200 g chacun à un repas unique de 1 000 à 1 200 g (exceptionnellement 1 500 g). Cette distribution d'un repas unique a été maintenue, quotidiennement à 9 h, pendant toute la période expérimentale, à l'exception du cas des 2 premiers porcs (A et M) qui ont reçu pendant 1 à 3 jours deux repas quotidiens.

Les régimes distribués sont dans tous les cas des aliments semi-synthétiques, présentés à l'animal sous forme de farine additionnée de 2 fois son poids d'eau. La majorité des enregistrements a été réalisée avec des aliments composés d'amidon purifié, de maïs ou de blé, à raison de 70 p. 100 de la matière sèche (M.S.) de farine de poisson (20 p. 100 de la M.S.), de cellulose purifiée (6 p. 100 de la M.S.) et d'un complément minéral et vitaminique (4 p. 100 de la M.S.), pour un taux de matières azotées ( $N \times 6,25$ ) de 16 p. 100. Dans un nombre plus limité de cas, des aliments ajustés à un taux de matières azotées de 8 ou de 0 p. 100 par substitution d'amidon à la farine de poisson ont été utilisés, soit après 3 jours d'accoutumance (cas des régimes à 8 p. 100) soit sans accoutumance préalable (régimes protéoprives).

5. — *Collecte et restitution des digesta*

Dans l'intervalle des expérimentations et quel que soit le site de dérivation, le ballon de caoutchouc recevant les digesta émis est vidé trois fois par 24 heures. Il est enlevé quotidiennement pour permettre son nettoyage et l'observation directe de la perméabilité des canules.

Au cours des nycthémères expérimentaux, plusieurs chronologies de collecte ont été mises en œuvre. Chez les porcs A et M, les digesta ont été recueillis toutes les heures de 9 à 18 h, puis une seule fois entre 18 et 9 h le lendemain. Chez les porcs B-C-N et O, les digesta ont été recueillis toutes les 2 heures, 24 heures sur 24. Pour les porcs D et P, par ailleurs équipés d'électrodes chroniques sur l'iléon terminal, les digesta ont été collectés soit toutes les 2 heures entre 9 et 17 h (avec une collecte supplémentaire à 23 h), soit par collecte directe au fur et à mesure de l'émission des bols de digesta. Enfin, dans le cas du porc E, équipé d'électrodes chroniques échelonnées tout au long de l'intestin grêle, le ballon de collecte a été simplement vidé trois fois par 24 heures.

Chez tous les porcs, à l'exception des porcs D et E, les digesta collectés n'ont pas été réintroduits dans le caecum ou le colon selon la préparation. Cette situation a été choisie délibérément en supposant la situation de vacuité colique plus homogène chez tous les animaux qu'une situation de réplétion non standardisée. Dans le cas des Porcs D et E, une première approche de l'influence éventuelle de la réplétion colique a été tentée, chacun de ces porcs ayant été soumis consécutivement aux deux situations. La restitution des digesta, préalablement collectés et stockés à  $+ 4^{\circ} \text{C}$ , est effectuée par gravité après réchauffement. La totalité des digesta collectés en 24 heures est réintroduite dans le gros intestin en deux fois : à 9 h les contenus recueillis pendant la nuit; à 18 h les contenus recueillis depuis le matin à 9 h. La réintroduction proprement dite de ces quantités est réalisée en 5 mn environ.

## 6. — *Échantillonnage et analyses des digesta*

On enregistre le poids frais et le volume des digesta pour chaque période de collecte définie ci-dessus. Les contenus sont homogénéisés par agitation vigoureuse. On prélève une fraction de poids constant (environ 80 g de matière fraîche). Une partie de l'échantillon est utilisée pour la détermination de sa teneur en matière sèche après lyophilisation et passage à l'étuve à 104 °C pendant 24 heures. Le reste de l'échantillon lyophilisé est conservé en vue d'analyses ultérieures.

## 7. — *Présentation des résultats*

Les résultats concernant les quantités mesurées de matière fraîche et les quantités calculées de matière sèche, sont exprimés selon les cas sous forme brute (masse en g) ou en valeur relative (p. 100 des quantités ingérées).

Pour l'expression graphique des résultats, sont utilisés systématiquement les points (●) pour les données obtenues par dérivation post-valvulaire et les cercles (○) pour les données obtenues par dérivation iléale. Dans les figures 7 à 10, ces symboles sont reliés entre eux par un trait continu lorsque les données moyennes sont calculées indépendamment de la nature de l'amidon, par un trait pointillé lorsqu'elles concernent l'amidon de maïs, et par une alternance trait-point lorsqu'elles concernent l'amidon de blé. Pour les figures 11 et 12, dont les données sont indépendantes de la nature de l'amidon, le trait continu concerne la matière fraîche et le trait pointillé désigne la matière sèche. Enfin, dans tous les graphiques ne figure que la moitié des écarts types de la moyenne pour éviter toute confusion par superposition.

# Résultats

## 1. — *Évaluation qualitative des préparations chirurgicales*

### a) *Observations cliniques et nécropsiques :*

Sur l'ensemble des animaux opérés selon l'une ou l'autre des techniques, la longévité des préparations a été de 2 à 4 semaines. Au cours de cette période l'état général des porcs a été satisfaisant, en l'absence de troubles cliniquement décelables. Leur poids vif est resté approximativement stationnaire. La réintroduction des contenus dans le gros intestin, selon les modalités décrites n'a provoqué ni diarrhée, ni gêne apparente chez les 2 porcs concernés (D et E).

Deux cas d'arrachage accidentel de canules ont été enregistrés : la canule de dérivation du porc A et la canule de réintroduction du porc M. Dans tous les autres cas, la longévité limitée des préparations résulte d'un élargissement relativement rapide du tunnel musculo-cutané avec glissement progressif de la canule de verre vers l'extérieur. Ce phénomène est accentué par l'angulation forcée de la canule contre les parois de la cage, en dépit des bourrelets de protection. Il est aussi plus rapide dans le cas de la canule post-valvulaire que dans le cas de

la canule en T iléale. Par contre, celle-ci est susceptible de mouvements de rotation conduisant à une relative occlusion de la lumière iléale. Quoiqu'il en soit, ces divers phénomènes conduisent à l'apparition de suintements puis de fuites de digesta à la périphérie de la canule.

Un porc de chaque type opératoire a présenté après 12 à 15 jours des signes d'obstruction digestive. Chez le porc P, l'autopsie a confirmé l'engorgement des 50 cm d'iléon situés en amont de la canule, anomalie due à la présence d'importantes adhérences avec plicature des dernières anses d'intestin grêle. Chez le porc D, un certain encombrement de l'iléon terminal immobilisé par des adhérences a été observé à l'autopsie.

Ces deux cas particuliers mis à part, trois porcs à dérivation iléale et trois porcs à dérivation post-valvulaire ont pu être utilisés sans aucune manifestation d'obstruction digestive. L'autopsie a confirmé l'état normal de l'iléon, l'absence de dilatation de la poche caeco-colique et l'aspect parfaitement normal de la valvule.

#### b) *Électromyogrammes de l'intestin grêle*

D'une façon générale, les activités électromyographiques de l'iléon terminal des porcs D, E et P sont identiques à celles enregistrées chez des porcs non fistulés. On retrouve l'existence d'une hypermotilité iléale postprandiale. Celle-ci ne conduit pas nécessairement à un débit de digesta chez nos porcs recevant un seul repas quotidien. La collecte d'un certain volume de contenus intestinaux, quel que soit leur site de dérivation, correspond toujours à la propagation rapide d'une ou plusieurs ondes péristaltiques (fig. 5) au cours et surtout à la fin des périodes d'activité de pointes irrégulière (I.S.A.). Mais ces salves de potentiels coïncidant avec un débit mesurable ne représentent qu'un pourcentage extrêmement faible de la totalité des activités électriques rapides constituant une I.S.A.

La détérioration des préparations par obstruction conduit à des images électromyographiques typiques. Ainsi, lors de stagnation accidentelle de digesta dans la poche caeco-colique (fistulation post-valvulaire), les contenus intestinaux tendent à s'accumuler dans l'iléon distal. Si cette situation se prolonge, on voit se substituer à l'activité électromyographique normale des décharges de potentiels très denses et prolongées (30 à 80 sec.) qui surviennent toutes les 3 à 6 mn durant plusieurs heures en l'absence de restauration de la perméabilité de la canule de dérivation (fig. 6). Par ailleurs, tout phénomène de stase iléale conduit à une disparition de l'organisation des activités électromyographiques en complexes myoélectriques (M.M.C.) sur l'intestin grêle.

Chez les porcs D et E (fistulation iléo-colique post-valvulaire), et en dehors de toute obstruction iléale, la situation de vacuité colique est apparue responsable d'une raréfaction des M.M.C. avec un allongement considérable des phases d'I.S.A. Chez le porc D initialement maintenu en situation de vacuité colique, la restitution des digesta dans le côlon a conduit après 2 jours à une restauration de la périodicité des M.M.C., l'intervalle entre 2 phases consécutives d'activité de pointes régulière (R.S.A.) évoluant, en période diurne post-prandiale, de 5 h environ (vacuité colique) à 2 h environ après 2 jours de restitution des digesta. A l'inverse, chez le porc E initialement maintenu en situation de réplétion colique, la suppression des réintroductions de digesta fait régresser en 3 jours le nombre de

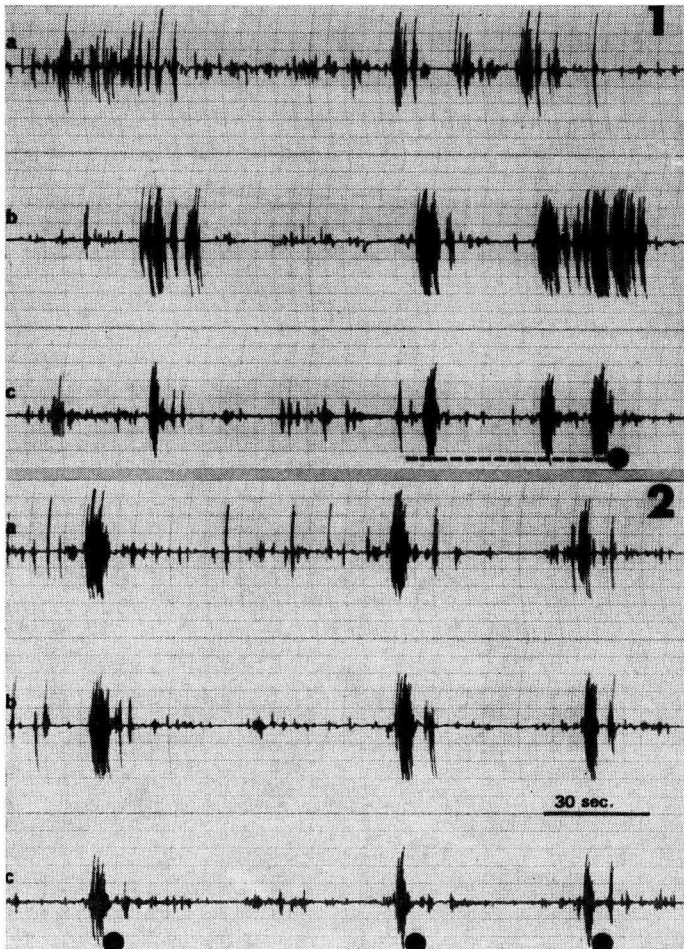


FIG. 5. — Electromyogrammes dérivés à 20 cm (a), 10 cm (b) et 5 cm (c) en amont de la jonction iléo-caeco-colique chez un porc soumis à fistulation iléo-colique post-valvulaire.

En 1 : Le groupe d'activités propagées soulignées par le pointillé conduit à l'évacuation de 80 ml de digesta à la valvule.

En 2 : Chaque onde péristaltique entraîne un écoulement de digesta à la valvule (points), d'un volume de 65, 60 et 35 ml respectivement de gauche à droite.

*Electromyograms recorded at 20 cm (a), 10 cm (b) and 5 cm (c) proximal to the ileo-caeco-colic junction in a pig subjected to post-valvular ileo-colic fistulation.*

1: The group of propagated activities, stressed by a dotted line, leads to emptying of 80 ml of digesta from the valve.

2: Each peristaltic wave leads to outflow of digesta at the valve (points); the volume from the left to the right is 65, 60 and 35 ml, respectively.

M.M.C. de 13 à 9 par 24 heures au niveau de l'iléon. Ce phénomène correspond à une relative absence de R.S.A. en période diurne (2 au cours des 12 heures qui suivent les repas contre 7 au cours des 12 heures consécutives). Cependant dans

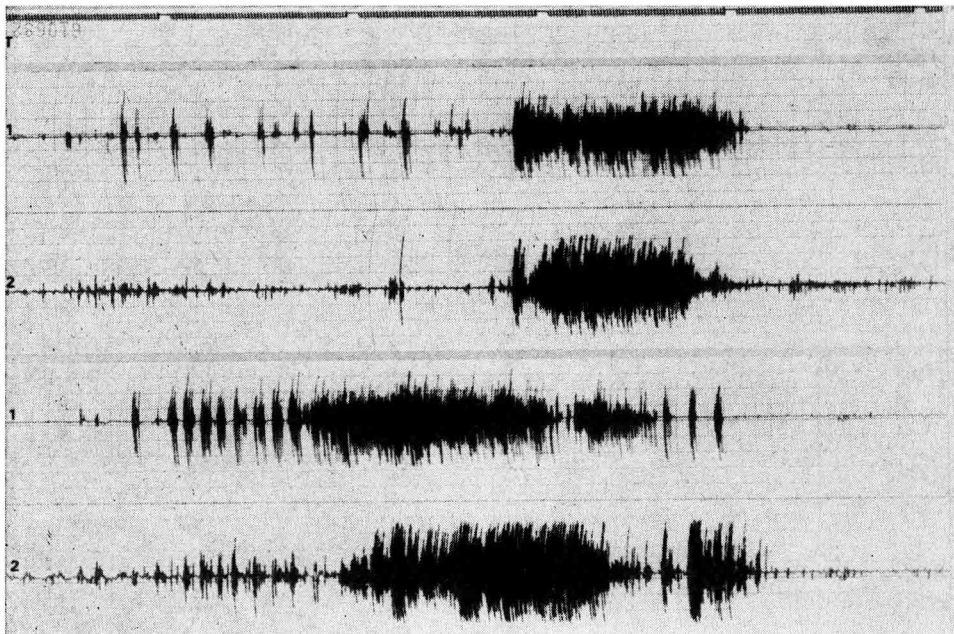


FIG. 6. — Images électromyographiques typiques recueillies sur l'iléon terminal obstrué chez un porc soumis à fistulation iléo-colique post-valvulaire

La base de temps (T) indique les secondes et les minutes. Les sites d'enregistrement sont localisés à 10 cm (1) et 5 cm (2) en amont de la jonction iléo-caeco-colique.

*Typical electromyographical pictures obtained from the obstructed terminal ileum of a pig subjected to post-valvular ileo-colic fistulation*

The time basis (T) indicates the seconds and minutes. Recording sites are located 10 cm (1) and 5 cm (2) proximal to the ileo-caeco-colic junction.

le même temps, la chronologie des M.M.C. est restée normale sur la moitié proximale de l'intestin grêle.

2. — *Cinétique de passage des digesta établie par collecte toutes les 2 heures (régimes à 16 p. 100 de matières azotées).*

A la suite d'un repas d'épreuve, les quantités de matière fraîche parvenant à l'extrémité distale de l'intestin grêle augmentent à partir de la troisième ou quatrième heure pour atteindre un débit maximum au cours des cinquième et sixième heures. Les quantités recueillies en 2 h diminuent ensuite progressivement, l'essentiel de la masse alimentaire résiduelle ayant atteint l'iléon à la quatorzième heure. Cette cinétique moyenne de passage de la matière fraîche, établie par collecte toutes les 2 heures, n'est pas globalement différente selon que les digesta sont obtenus par dérivation post-valvulaire ou par dérivation iléale (fig. 7 A). En effet, seules diffèrent significativement les quantités recueillies entre 12 et 14 h après le repas.

Dans les mêmes conditions, la cinétique moyenne de passage de la matière

sèche est semblable. L'essentiel de la matière sèche est collecté entre la troisième et la quatorzième heure. Cependant des débits de matière sèche très élevés sont enregistrés entre la quatrième et la huitième heure. Comme pour la matière fraîche, il n'apparaît pas de différence globale des cinétiques établies par collecte post-valvulaire ou iléale (fig. 8 A). En effet, seules les quantités de matière sèche collectées entre la douzième et la quatorzième heure après le repas diffèrent significativement.

3. — *Débits horaires de digesta et bilans du transit à la sixième et à la vingt-quatrième heure post-prandiale.*

La collecte heure par heure de la matière fraîche, réalisée pendant 9 h après le repas chez les porcs A et M, met en évidence une différence dans la cinétique de passage des digesta selon le site de dérivation (iléale ou post-valvulaire). Les courbes exprimant dans ces 2 cas les quantités cumulées divergent au cours de la quatrième heure (fig. 9). Au delà de ce délai, les quantités de digesta frais recueillies au total sont systématiquement plus importantes lors de dérivation iléale.

Sur la base de cette observation, le bilan du transit exprimé en quantités totales cumulées et en pourcentage des quantités ingérées a été calculé pour l'ensemble des collectes (par 1 ou 2 heures) à deux temps de la cinétique : sixième heure post-prandiale (débit maximum) et vingt-quatrième heure.

Les quantités de digesta frais collectées en 6 h représentent seulement  $8,46 \pm 0,66$  p. 100 de l'ingéré lors de dérivation post-valvulaire contre  $12,35 \pm 0,85$  p. 100 lors de dérivation iléale, soit une différence hautement significative ( $P < 0,001$ ). Au bout de 24 h, la différence de même sens selon le mode de collecte n'est plus significative :  $36,93 \pm 1,40$  p. 100 (dérivation post-valvulaire) contre  $38,76 \pm 1,60$  p. 100 (dérivation iléale). Les valeurs correspondantes pour la matière sèche sont (en p. 100 de l'ingéré) de  $3,52 \pm 0,40$  p. 100 à 6 h et  $15,02 \pm 1,00$  p. 100 à 24 h lors de dérivation post-valvulaire, et de  $4,84 \pm 0,53$  p. 100 à 6 h et  $15,11 \pm 0,84$  p. 100 à 24 h lors de dérivation iléale. L'écart enregistré à la sixième heure reste pour la matière sèche, et compte tenu du nombre de données (26 pour chaque technique), à la limite de la signification ( $P < 0,10$ ). Les valeurs obtenues à 24 h ne diffèrent pas significativement entre elles.

L'analyse de la teneur moyenne en matière sèche des digesta émis au total au cours des 6 premières heures post-prandiales montre que, pour des régimes à 8 ou 16 p. 100 de matières azotées totales, la teneur moyenne en matière sèche des effluents recueillis par dérivation post-valvulaire ( $12,30 \pm 0,77$  p. 100) est significativement ( $P < 0,05$ ) plus élevée que celle des effluents obtenus par dérivation iléale ( $10,36 \pm 0,49$  p. 100). Il en est de même pour l'ensemble des digesta collectés en 24 h :  $11,84 \pm 0,39$  p. 100 lors de dérivation post-valvulaire contre  $10,72 \pm 0,30$  p. 100 lors de dérivation iléale ( $P < 0,05$ ). Dans le cas particulier des régimes protéoprives, une différence de sens inverse, mais non significative est observée.

FIG. 7. — *Quantités moyennes de digesta frais collectés par période de 2 h au cours des 24 heures consécutives à un repas d'épreuve ingéré à 9 h, selon la technique de collecte*

- En A* : Cinétiques représentatives de 2 porcs et 3 nycthémères par porc ( $n = 6$ ) pour un régime à 16 p. 100 de matières azotées totales, indépendamment de la nature de l'amidon entrant dans la composition de l'aliment lors de dérivation post-valvulaire chez les porcs B et C (●—●) et lors de dérivation iléale chez les porcs N et O (○—○). L'ingéré moyen de farine fraîche pour ces épreuves est de 970 g (fistulation iléo-colique post-valvulaire) et de 990 g (fistulation ileo-caecale).
- En B* : Cinétiques représentatives de 3 nycthémères chez le porc à fistulation iléo-colique post-valvulaire lors d'ingestion d'un aliment à 16 p. 100 de matières azotées totales comportant pour le porc B de l'amidon de blé purifié (●—·—●) ou pour le porc C de l'amidon de maïs purifié (●—·—·—●). L'ingéré moyen de farine fraîche pour ces épreuves est de 940 g (blé) et de 990 g (maïs).
- En C* : Cinétiques représentatives de 3 nycthémères chez le porc à fistulation iléo-caecale dans les mêmes conditions qu'en B : amidon de blé (Porc N), ingéré moyen 990 g (○—·—○); amidon de maïs (Porc O), ingéré moyen 980 g (○—·—·—○).

*Mean amounts of fresh digesta collected per 2-hr period during 24 hours following a test meal eaten at 9.00 a.m. according to the collection technique*

- A* : Kinetics representative of 2 pigs and 3 24-hr-cycles per pig ( $n = 6$ ) for a 16 p. 100 crude protein diet, independent of the type of starch used in the diet during post-valvular collection in pigs B and C (●—●) and during ileal collection in pigs N and O (○—○). Mean intake of fresh meal during these test meals was 970 g (post-valvular ileocolic fistulation) and 990 g (ileocaecal fistulation).
- B* : Kinetics representative of 3 24-hr-cycles in a pig subjected to post-valvular ileocolic fistulation during intake of a 16 p.100 crude protein diet including purified wheat starch for pig B (●—·—●) or purified maize starch, for pig C (●—·—·—●). The mean intake of fresh meal during these tests was 940 g (wheat )and 990 g (maize).
- C* : Kinetics representative of 3 24-hr-cycles in a pig subjected to ileo-caecal fistulation in the same conditions as in B : wheat starch (pig N) mean intake 990 g (○—·—○); maize starch (pig O), mean intake 980 g (○—·—·—○).

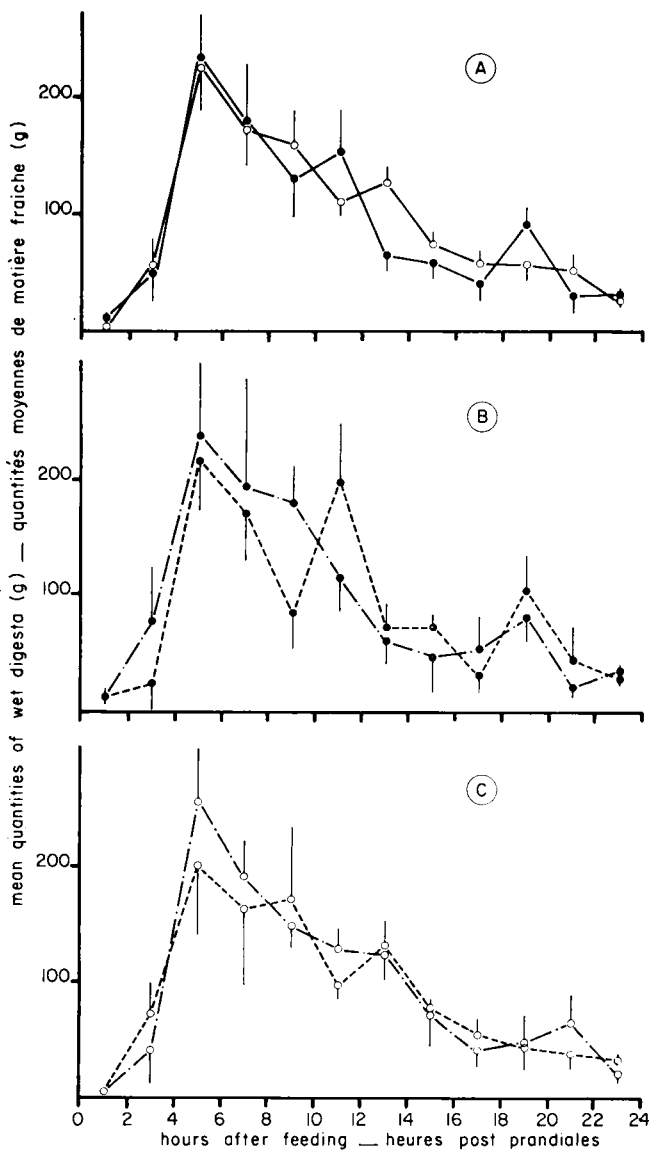


FIG. 7.

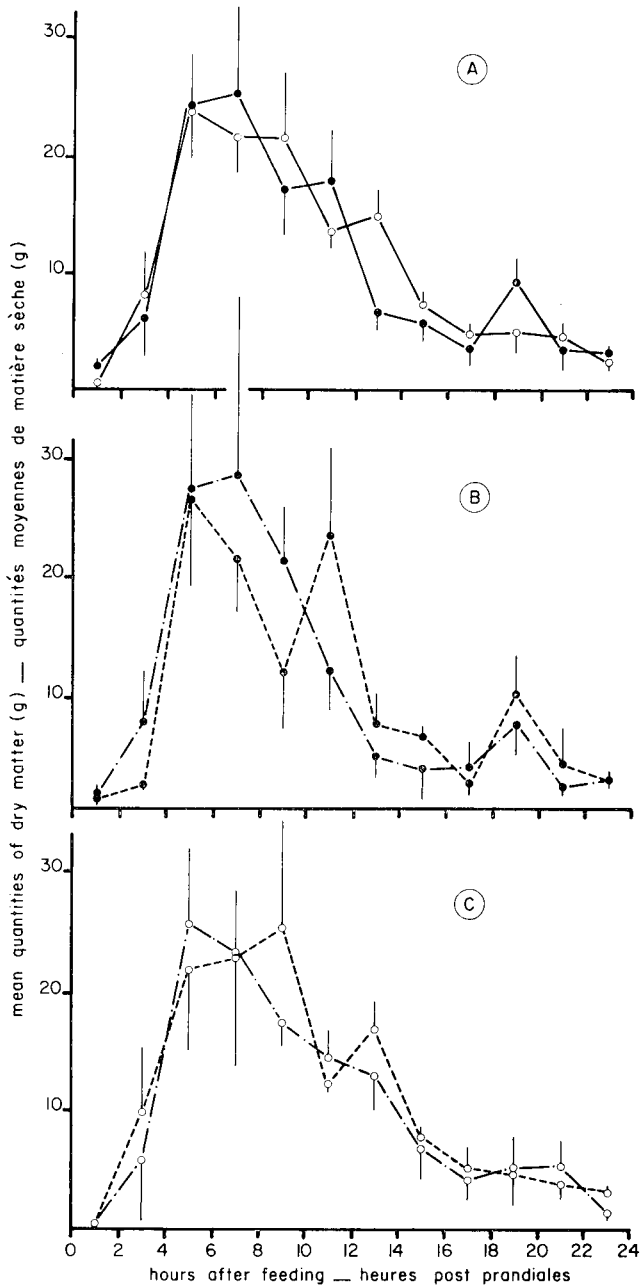


FIG. 8. — Quantités moyennes de matière sèche collectées par période de 2 h au cours des 24 heures consécutives à un repas d'épreuve ingéré à 9 h, selon la technique de collecte

Les diverses cinétiques représentées en A, B et C, correspondent très exactement aux situations explicitées dans la figure 7 à la légende de laquelle le lecteur pourra se reporter. L'ingéré sec équivaut à 91,1 p. 100 de l'ingéré frais indiqué précédemment.

Mean amounts of dry matter collected per 2hr-period during 24 hours following the intake of a test meal at 9.00 a.m., according to the collection technique

The various kinetics given in A, B and C correspond exactly to the situations explained in figure 7 (please refer to the legends of that figure). The dry matter intake equals 91.1 p. 100 of the previously indicated fresh matter intake.

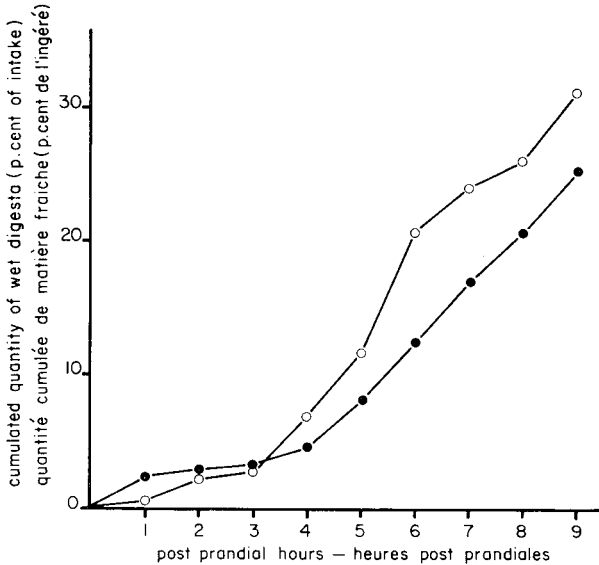


FIG. 9. — Évolution au cours des 9 h après le repas des quantités cumulées de digesta frais collectés par dérivation post-valvulaire chez le porc A (●—●) ou par dérivation iléale chez le porc M (○—○) et exprimées en p. 100 de l'ingéré frais. Chaque point correspond à la moyenne de 2 épreuves.

Postprandial variation (for 9 hr) in cumulated amounts of fresh digesta collected by post-valvular derivation in pig A (●—●) or by ileal derivation in pig M (○—○) and expressed in p. 100 of the fresh matter intake. Each point is the mean of two tests.

#### 4. — Variabilité des cinétiques de passage des digesta

Par rapport au profil moyen de passage de la matière fraîche ou de la matière sèche précédemment décrit, on note l'existence d'une importante variabilité d'une épreuve à l'autre chez un même porc, aussi bien lors de dérivation post-valvulaire (fig. 10, A et C) que lors de dérivation iléale (fig. 10, B et D). Cette variabilité revêt deux aspects : d'une part la localisation dans le temps du débit maximum varie sensiblement d'un jour à l'autre; d'autre part, dans un certain nombre de cas, la masse alimentaire parvient à la fin de l'intestin grêle en deux vagues consécutives dans le même intervalle de temps (troisième à quatorzième heure).

De ce fait, et compte tenu de la chronologie de collecte (par 2 h), la variabilité entre porcs telle qu'elle ressort d'une comparaison entre les courbes moyennes de plusieurs épreuves pour chaque animal semble modérée.

#### 5. — Influence de la nature de l'amidon (blé - maïs)

Les descriptions des cinétiques moyennes de passage des digesta, précédemment fournies, restent valables quelle que soit la nature de l'amidon purifié entrant dans la composition du régime (blé ou maïs), aussi bien lors de dérivation

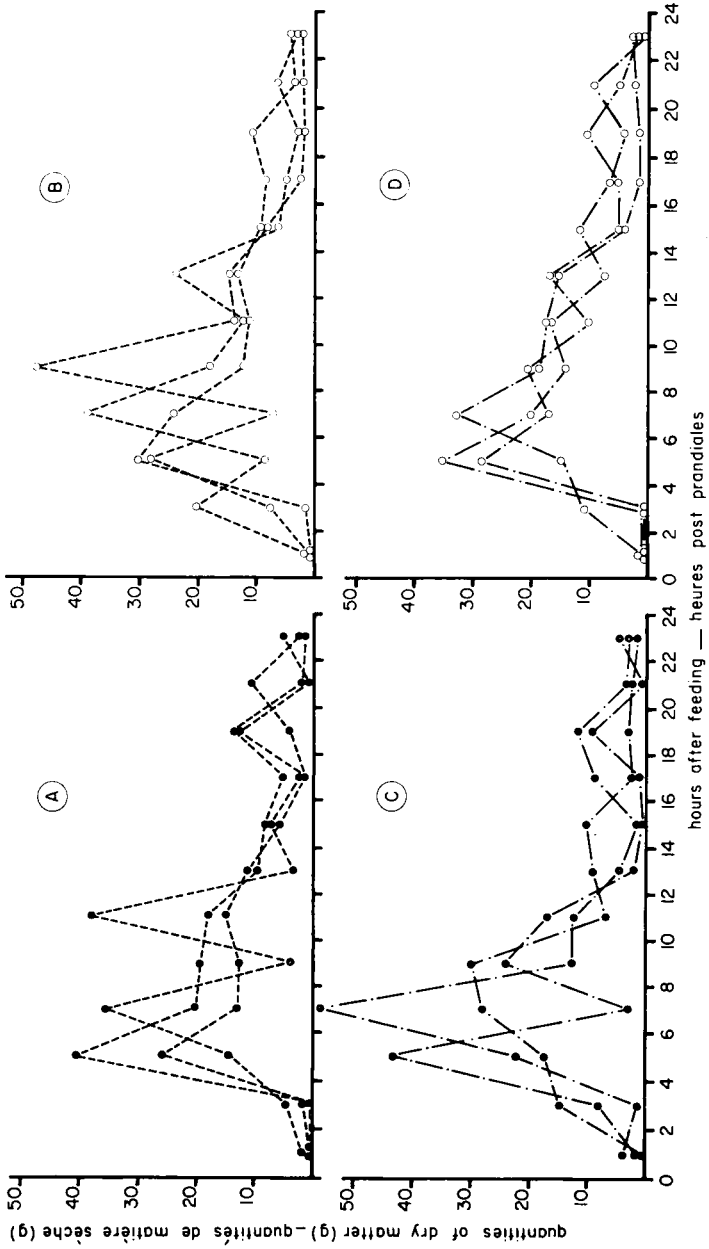


FIG. 10.

post-valvulaire, pour la matière fraîche (fig. 7 B) comme pour la matière sèche (fig. 8 B), que lors de dérivation iléale (fig. 7 C et 8 C).

Le résultat de la comparaison des quantités cumulées de matière fraîche et de matière sèche, recueillies en 6 ou 24 heures après le repas, soit pour un même amidon selon le site de dérivation des digesta, soit pour un même site de collecte selon la nature de l'amidon ingéré, est indiqué dans le tableau 1. Seuls les bilans 6 h après le repas révèlent des différences significatives. Les quantités de matière fraîche dérivées par fistulation iléale sont plus importantes que lors de fistulation post-valvulaire dans le cas d'ingestion d'amidon de maïs. Cette différence n'est pas retrouvée pour la matière sèche. Dans le cas d'ingestion d'amidon de blé une différence de sens inverse est plausible sur la base de la matière sèche. La comparaison entre les amidons pour une même technique de fistulation montre que la quantité de matière fraîche est plus importante dans le cas d'ingestion d'amidon de blé lors de fistulation post-valvulaire, alors que l'inverse (maïs > blé) est observé lors de fistulation iléale. Ces différences sont amoindries ou effacées sur la base de la matière sèche.

#### 6. — Influence du taux de matières azotées (16-8-0 p. 100)

Les cinétiques moyennes de passage de la matière fraîche et de la matière sèche enregistrées lors de fistulation post-valvulaire (fig. 11) et lors de fistulation iléale (fig. 12), pour des régimes à 8 p. 100 de matières azotées (fig. 11 B et 12 B), sont semblables à celles enregistrées pour des régimes à 16 p. 100 de matières azotées (fig. 11 A et 12 A) décrites au paragraphe deux.

Lors d'ingestion d'un régime protéoprive chez un porc à fistulation iléo-caecale (fig. 12 C), le passage des digesta n'est pas décalé dans le temps, mais la quantité cumulée de matière sèche recueillie en 6 h après le repas est supérieure de 83 p. 100 à celle enregistrée pour le régime à 16 p. 100 de matières azotées. Chez un porc à fistulation iléo-colique post-valvulaire, l'ingestion d'un régime

FIG. 10. — Variations d'un nyctémère à l'autre de la cinétique de passage de la matière sèche, pour des régimes à 16 p. 100 de matières azotées

En A : Porc C, fistulation iléo-colique post-valvulaire, aliment à base d'amidon de maïs, quantité ingérée lors de chacune des 3 épreuves = 893, 911 et 911 g de matière sèche.

En B : Porc O, fistulation iléo-caecale, aliment à base d'amidon de maïs, 893 g de matière sèche ingérée dans les 3 cas.

En C : Porc B, fistulation iléo-colique post-valvulaire, aliment à base d'amidon de blé, quantité ingérée lors de chacune des 3 épreuves = 893, 820 et 856 g de matière sèche.

En D : Porc N, fistulation iléo-caecale, aliment à base d'amidon de blé, quantité ingérée lors de chacune des 3 épreuves : 893, 911 et 911 g de matière sèche.

Variation, from one 24-hr-cycle to another, in the kinetics of dry matter passage (16 p. 100 crude protein diets)

A : Pig C, post-valvular ileocolic fistulation; maize starch diet; dry matter intake at each test meal = 893, 911 and 911 g.

B : Pig O, ileocaecal fistulation, maize starch diet, same dry matter intake at each test meal : 893 g.

C : Pig B, post-valvular ileocolic fistulation, wheat starch diet, dry matter intake at each test meal : 893, 820 and 856 g.

D : Pig N, ileocaecal fistulation, wheat starch diet, dry matter intake at each test meal : 893, 911 and 911 g.

TABLEAU I

*Bilans du transit des digesta à l'extrémité distale de l'intestin grêle, sur la base des quantités de matière fraîche ou de matière sèche cumulées au cours des 6 h ou des 24 h postprandiales et exprimées en p. 100 des quantités ingérées* (farine fraîche + eau de dilution ou ingéré sec selon le cas) : Résultats comparés selon le site de dérivation, postvalvulaire (DPV) ou ileale (DI), selon la nature de l'amidon ingéré, maïs ou blé, et selon le taux de matières azotées (MAT) du régime (16,8 ou 0 p. 100).

Dans chaque cas sont indiqués la moyenne et l'écart-type de la moyenne avec entre parenthèses le nombre de données concernées. La signification statistique éventuelle pour chacune des comparaisons (test T de STUDEXY), est exprimée comme suit : \*\*\*  $p < 0,001$  — \*\*  $p < 0,01$  — \*  $p < 0,05$  — (0,10)  $p < 0,10$ .

*Cumulated amounts of fresh or dry matter collected at the distal end of the small intestine during 6 or 24 postprandial hours and expressed in p. 100 of amounts ingested* (fresh meal + dilution water or dry matter intake according to cases) :

Results compared according to the site of derivation, post-valvular (DPV) or ileal (DI), according to the type of starch ingested (maize or wheat) and according to the crude protein content (MAT) of the diet (16,8 or 0 p. 100).

The mean and SEM are indicated in each case (between brackets, the number of data involved). The possible statistical significance for each comparison (STUDEXY'S T-test) is expressed as follows : \*\*\*  $p < 0,001$  — \*\*  $p < 0,01$  — \*  $p < 0,05$  — (0,10)  $p < 0,10$ .

Nature de la comparaison	Situation	Quantités cumulées de matière fraîche en p. 100 de l'ingéré		Quantités cumulées de matière sèche en p. 100 de l'ingéré	
		Bilan à la sixième heure post-prandiale	Bilan à la vingt-quatrième heure post-prandiale	Bilan à la sixième heure post-prandiale	Bilan à la vingt-quatrième heure post-prandiale
DPV . . . . .	Tous porcs, amidons et taux azotés confon-dus	8,46 ± 0,66 (28) ***	36,93 ± 1,40 (22)	3,52 ± 0,40 (26) (0,10)	15,02 ± 1,00 (22)
		12,35 ± 0,85 (26)	38,76 ± 1,60 (26)	4,84 ± 0,53 (26)	15,11 ± 0,84 (25)
DI . . . . .	16 p. 100 M.A.T.	8,66 ± 0,55 (9) **	38,54 ± 2,19 (7)	3,27 ± 0,32 (8)	14,43 ± 0,79 (7)
		13,22 ± 1,24 (10)	40,61 ± 2,25 (9)	4,14 ± 0,38 (10)	15,28 ± 0,76 (8)
DPV . . . . .	16 p. 100 M.A.T.	11,44 ± 1,08 (5)	38,47 ± 1,76 (5)	4,39 ± 0,48 (5) (0,10)	14,47 ± 0,72 (5)
		9,67 ± 0,21 (5)	38,41 ± 0,51 (5)	3,32 ± 0,17 (5)	13,65 ± 0,20 (5)

Influence de la nature de l'amidon

a. maïs . . . . .	DI V	6,99 ± 0,55 (9)	36,54 ± 2,19 (7)	3,27 ± 0,32 (6)	14,13 ± 0,79 (7)
a. blé . . . . .	16 p. 100 M.A.T.	11,44 ± 1,08 (5)	38,47 ± 1,76 (5)	4,39 ± 0,48 (5)	14,47 ± 0,72 (5)
a. maïs . . . . .	DI	13,22 ± 1,24 (10)	40,61 ± 2,25 (9)	4,14 ± 0,38 (10)	15,28 ± 0,76 (8)
a. blé . . . . .	16 p. 100 M.A.T.	9,97 ± 0,21 (5)	38,41 ± 0,51 (5)	3,32 ± 0,17 (5)	13,65 ± 0,20 (5)

Influence du taux de M.A.T.

DPV . . . . .	16 p. 100 M.A.T.	9,66 ± 0,62 (14)	38,51 ± 1,41 (12)	3,70 ± 0,30 (13)	14,45 ± 0,52 (12)
DI . . . . .	amidons confondus	12,04 ± 0,93 (15)	39,82 ± 1,45 (14)	3,87 ± 0,27 (15)	14,65 ± 0,51 (13)
DPV . . . . .	8 p. 100 M.A.T.	9,73 ± 1,08 (8)	35,72 ± 3,78 (6)	4,77 ± 1,12 (7)	15,94 ± 3,10 (6)
DI . . . . .	amidons confondus	15,95 ± 2,22 (5)	43,75 ± 4,03 (6)	6,14 ± 1,53 (5)	14,22 ± 1,50 (6)
DPV . . . . .	0 p. 100 M.A.T.	4,00 ± 1,23 (6)	33,99 ± 3,43 (4)	1,73 ± 0,71 (6)	15,38 ± 3,32 (4)
DI . . . . .	amidons confondus	10,14 ± 1,83 (6)	31,31 ± 3,15 (6)	6,17 ± 1,68 (6)	17,01 ± 3,06 (6)
16 p. 100 M.A.T. . . . .	Porc B (DPV)	11,44 ± 1,08 (5)	38,47 ± 1,76 (5)	4,39 ± 0,48 (5)	14,47 ± 0,72 (5)
8 p. 100 M.A.T. . . . .	a. blé	6,92 ± 1,28 (3)	29,63 ± 1,12 (3)	2,55 ± 0,62 (3)	11,77 ± 0,29 (3)
16 p. 100 M.A.T. . . . .	Porc B (DPV)	11,44 ± 1,08 (5)	38,47 ± 1,76 (5)	4,39 ± 0,48 (5)	14,47 ± 0,72 (5)
0 p. 100 M.A.T. . . . .	a. blé	3,72 ± 1,20 (4)	31,15 ± 2,70 (3)	1,34 ± 0,46 (4)	12,47 ± 2,25 (3)
16 p. 100 M.A.T. . . . .	Porc O (DI)	11,30 ± 1,89 (5)	39,72 ± 3,27 (5)	4,31 ± 0,72 (5)	15,58 ± 0,77 (5)
8 p. 100 M.A.T. . . . .	a. maïs	12,76 ± 0,91 (3)	36,95 ± 0,36 (3)	3,71 ± 0,20 (3)	12,28 ± 0,18 (3)
16 p. 100 M.A.T. . . . .	Porc O (DI)	11,30 ± 1,89 (5)	39,72 ± 3,27 (5)	4,31 ± 0,72 (5)	15,58 ± 0,77 (5)
0 p. 100 M.A.T. . . . .	a. maïs	8,12 ± 1,97 (4)	27,07 ± 1,79 (4)	4,45 ± 1,98 (4)	13,41 ± 3,22 (4)

(1) Dans ce cas particulier la comparaison est faussée en raison du décalage chronologique de l'arrivée des digesta (voir texte). (In this particular case, the comparison is false because of the delay in the arrival of digesta (see text).)

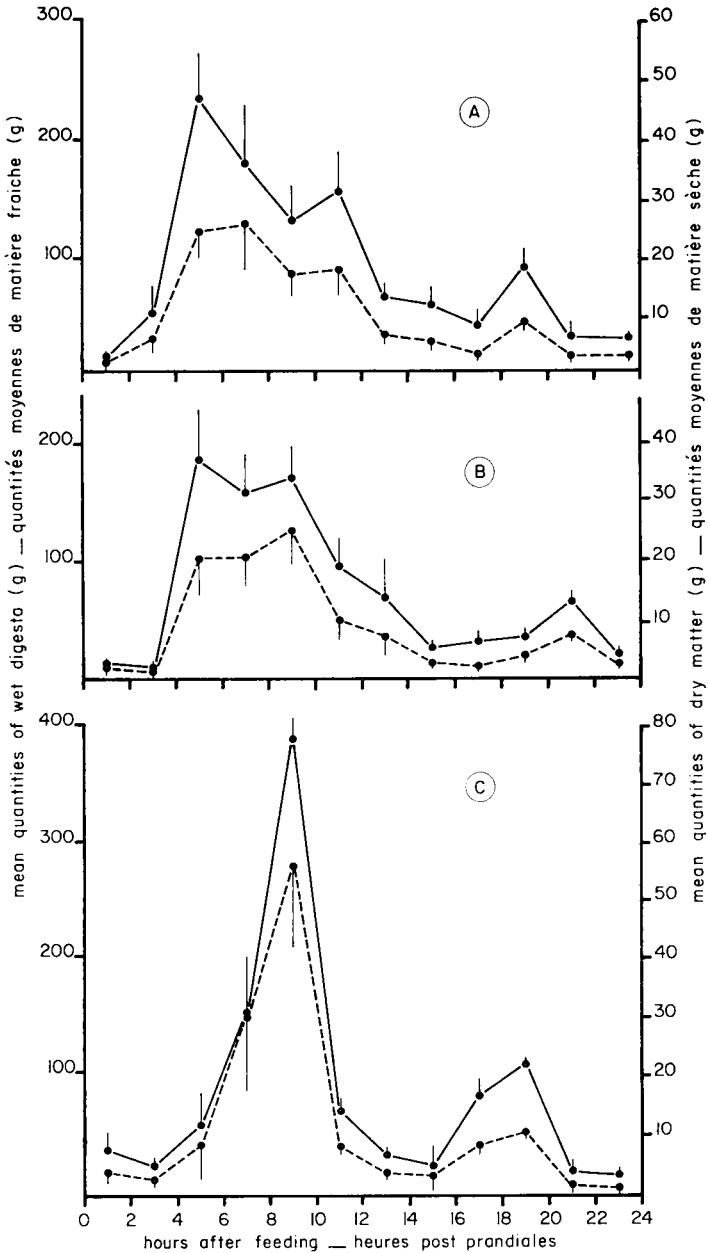


FIG. 11. — Quantités moyennes de digesta frais et de matière sèche collectées par période de 2 h au cours des 24 heures consécutives à un repas d'épreuve ingéré à 9 h, lors de fistulation iléo-colique post-valvulaire, selon la teneur en matières azotées de l'aliment.

En A : régime à 16 p. 100 de matières azotées; Porcs B et C ( $n = 6$ ); ingéré moyen frais 970 g, sec 884 g.

En B : régime à 8 p. 100 de matières azotées; Porc B ( $n = 3$ ); ingéré moyen frais 1 000 g, sec 892 g.

protéoprive (fig. 11 C) conduit à un certain retard du passage de la masse des digesta (maximum aux alentours de la neuvième heure au lieu de la sixième heure); de plus, la quantité recueillie dans la période de 2 h au cours de laquelle est atteint le débit maximum est plus élevée de 66,9 et 119,9 p. 100 respectivement pour la matière fraîche et la matière sèche par rapport à ce qui est enregistré dans la même période pour le régime à 16 p. 100 de matières azotées. En définitive, alors que la quantité cumulée de matière fraîche ou de matière sèche, en 6 h après le repas, est très significativement inférieure ( $P < 0,005$ ) pour le régime protéoprive du fait du retard du pic de débit (fig. 11 C), la quantité cumulée en 10 h après le repas n'est pas différente de celle enregistrée dans le même temps pour le régime à 16 p. 100 de matières azotées.

Quel que soit le taux de matières azotées du régime, la quantité cumulée de matière fraîche collectée en 6 heures est toujours plus importante lors de dérivation iléale des digesta (tabl. 1). Mais cette différence n'est pas retrouvée pour la matière sèche sauf dans le cas du régime protéoprive. Aucune différence entre les techniques de collecte n'est enregistrée sur les bilans après 24 heures. Lors de dérivation post-valvulaire, et pour les données disponibles (un porc et un seul amidon), les quantités cumulées de matières fraîche et sèche sont supérieures lors d'ingestion du régime à 16 p. 100 de matières azotées, aussi bien après 6 h qu'après 24 heures. Lors de dérivation iléale, et sous les mêmes réserves quant au nombre de données disponibles, on recueille en 24 h des quantités plus importantes pour le régime à 16 p. 100 de matières azotées, soit de matière fraîche (comparaison 16/0 p. 100) soit de matière sèche (comparaison 16/8 p. 100).

## Discussion

L'ensemble des données réunies dans ce travail répond à un triple objectif : évaluer les avantages et inconvénients de la technique de fistulation iléo-colique post-valvulaire récemment proposée (DARCY, LAPLACE et VILLIERS, 1980), en apprécier la validité physiologique, tenter par cette technique d'effectuer un premier inventaire des facteurs susceptibles de modifier la cinétique de passage des digesta de l'intestin grêle vers le gros intestin.

---

*En C* : régime protéoprive; Porc B ( $n = 3$ ); ingéré moyen frais 1 000 g, sec 873 g.

Matière fraîche : ----- Matière sèche : -----

*Mean amounts of fresh digesta and dry matter collected per 2hr-period during 24 hours following a test meal at 9.00 a.m., during post-valvular ileocolic fistulation, according to the crude protein content of the diet.*

*A* : 16 p. 100 crude protein diet; pigs B and C ( $n = 6$ ); mean intake of fresh matter : 970 g, of dry matter 884 g.

*B* : 8 p. 100 crude protein diet; pig B ( $n = 3$ ); mean intake of fresh matter : 1 000 g, of dry matter 892 g.

*C* : Protein-free diet; pig B ( $n = 3$ ); mean intake of fresh matter : 1 000 g, of dry matter 873 g.  
Fresh matter : ----- Dry matter : -----

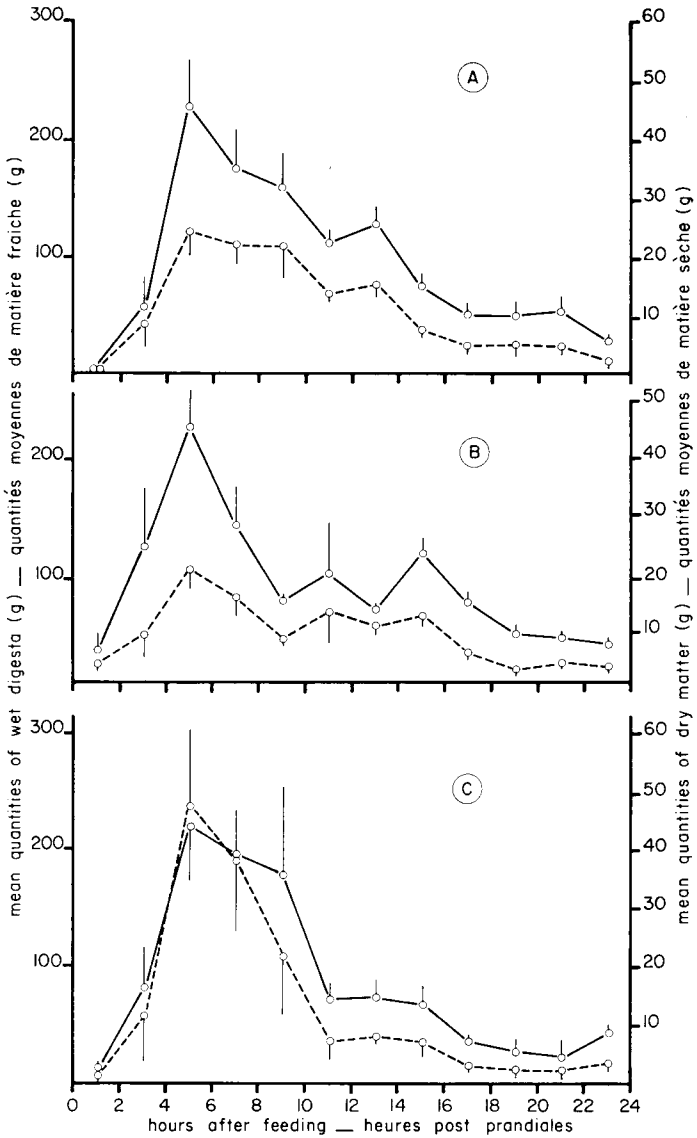


FIG. 12. — Quantités moyennes de digesta frais et de matière sèche collectées par période de 2 h au cours des 24 heures consécutives à un repas d'épreuve ingéré à 9 h, lors de fistulation iléo-caecale, selon la teneur en matières azotées de l'aliment.

En A : Régime à 16 p. 100 de matières azotées; Porcs N et O ( $n = 6$ ); ingéré moyen frais 990 g, sec 902 g.

En B : Régime à 8 p. 100 de matières azotées; Porc O ( $n = 3$ ); ingéré moyen frais 1 000 g, sec 892 g.

En C : Régime protéoprive; Porc O ( $n = 3$ ); ingéré moyen frais 982 g, sec 857 g.

Matière fraîche : ———— Matière sèche : - - - - -

I. -- *Aspects méthodologiques*

Parmi les cinq principes antérieurement établis (DARCY et LAPLACE, 1980) pour obtenir des digesta dans de bonnes conditions à la fin de l'intestin grêle, trois ont une importance fonctionnelle évidente : éviter la transection de l'iléon, exclure la dérivation prématurée des digesta, préserver le double rôle de barrière de la jonction iléo-caeco-colique. La technique proposée satisfait à cette triple exigence. Elle présente donc des avantages indiscutables par rapport aux techniques usuelles de fistulation réétrangée iléo-iléale ou iléo-caecale. Cependant l'ablation du caecum, nécessaire pour des raisons de technique chirurgicale peut être considérée comme un défaut de la fistulation iléo-colique post-valvulaire. Cet inconvénient est certainement mineur d'un point de vue nutritionnel dans la mesure où on peut estimer que les acides gras volatils représentent environ 10 p. 100 de l'énergie digestible chez le porc (RERAT, 1978) et que la quantité totale d'acides gras volatils présents dans le caecum ne représente que 10 p. 100 de la quantité totale présente dans l'ensemble du gros intestin (CLEMENS, STEVENS et SOUTHWORTH, 1975). L'ablation du caecum n'entraînerait donc que la perte de 1 p. 100 environ de l'énergie digestible. D'un point de vue fonctionnel, on peut concevoir que le caecum soit le point de départ de réflexes régulateurs du transit iléo-caeco-colique. Mais aucune information n'est à l'heure actuelle disponible sur ce sujet chez le Porc.

Deux des principes retenus (DARCY et LAPLACE, 1980) concernent plus particulièrement le matériel de fistulation : canule d'un diamètre intérieur de l'ordre de 20 mm., faible longueur de tube inerte à franchir par les digesta. L'usage du verre, à la suite de LIVINGSTONE *et al.* (1977), a permis de disposer de canules très larges pour un coût très faible. Effectivement, le diamètre intérieur de 19 mm est suffisant pour éviter tout blocage des digesta. Le verre, utilisé par commodité, n'est cependant pas le matériau idéal. La fragilité n'est pas en cause, en l'absence de bris de canule sur l'ensemble des animaux. Par contre, la tolérance tissulaire limitée de ce matériau, conjuguée à la mobilisation des canules contre les parois de la cage, est très probablement responsable de l'éviction progressive des canules de verre. Ce phénomène de « rejet » n'est évité, lors de dérivation iléale, que pour des raisons mécaniques (canule en T). Dans le cas des canules en cloche dont la forme s'avère parfaitement adaptée à la préparation post-valvulaire, il sera nécessaire de prévoir un dispositif d'ancrage au péritoine pariétal pour consolider la préparation, quel que soit le matériau de la canule. Le problème de la longueur de tube inerte que doivent franchir les digesta a été indirectement résolu du fait de la méthodologie de collecte adoptée.

Le choix d'un dispositif non réentrant réduit de plus de moitié la longueur

---

*Mean amounts of fresh digesta and of dry matter collected per 2hr period during 24hrs following a test meal at 9.00 a.m. during ileocaecal fistulation, according to the dietary crude protein content.*

A : 16 p. 100 crude protein diet; pigs N and O ( $n = 6$ ); mean intake of fresh matter 990 g, of dry matter : 902 g.

B : 8 p. 100 crude protein diet; pig O ( $n = 3$ ); mean intake of fresh matter : 1 000 g, of dry matter 892 g.

C : Protein free diet; pig O ( $n = 3$ ) : mean intake of fresh matter : 982 g, of dry matter 857 g.  
 Fresh matter : -----  
 Dry matter : -----

de tube à franchir en dehors de toute expérimentation. L'utilisation d'un tube de dérivation reliant la canule à un récipient situé hors de la cage a été écartée également en raison de l'inévitable accumulation des digesta dans le tube. Pour ces raisons, la seule possibilité reste l'usage d'un ballon de collecte monté directement sur la canule, procédé déjà utilisé par CUNNINGHAM, FRIEND et NICHOLSON (1962-1963). Cette méthodologie avantageuse pour l'animal présente certains inconvénients : Les digesta s'accumulent dans le ballon de collecte. Celui-ci doit être vidé fréquemment, en raison de l'importance du volume de gaz intestinaux émis, de la traction exercée par le ballon plein sur la canule, et de la transformation possible des digesta qui ne peuvent être refroidis immédiatement. Cette nécessité d'intervention fréquente pour vider le ballon et pour restituer les contenus à l'animal implique pour l'expérimentateur une contrainte permanente, même en dehors des expérimentations. En dépit de ces problèmes matériels, la méthodologie utilisée, applicable aussi bien à une fistulation iléale qu'à la fistulation iléo-colique post-valvulaire, exclut la détérioration des préparations par obstruction mécanique des tubes inertes trop longs.

Un autre aspect de la méthodologie de collecte concerne l'avantage majeur offert par la fistulation iléo-colique post-valvulaire. En effet, les digesta font généralement l'objet d'une certaine stase dans l'iléon terminal (LAPLACE, 1975). Ils peuvent donc subir à ce niveau les ultimes étapes de la digestion dans l'intestin grêle. Celles-ci ne peuvent avoir lieu lors de dérivation iléale, alors que la dérivation post-valvulaire fournit les digesta tels qu'ils sont normalement émis dans le gros intestin. Les résultats rapportés dans ce travail ne permettent pas d'évaluer la différence qualitative des digesta recueillis par l'une ou l'autre des techniques. Cependant, la différence systématique des teneurs en matière sèche suggère que pour les digesta collectés par fistulation iléale, la dérivation prématurée conduit à limiter l'importance de la résorption d'eau dans l'iléon terminal. Cette observation est en accord avec celle de l'existence effective d'une différence dans la chronologie d'émission à la canule, à la suite d'un repas d'épreuve. Les collectes heure par heure (fig. 9) montrent que la dérivation iléale conduit à sous-estimer de 60 à 90 mn le temps que met la masse alimentaire correspondant au repas pour parvenir au gros intestin. Cette différence ne transparait pas dans les graphiques construits sur la base des collectes 2 h par 2 h, en raison de la variabilité chronologique d'une épreuve à l'autre, et du fait que l'intervalle choisi (2 h) est supérieur au décalage existant. Néanmoins, la réalité du phénomène est confirmée par la comparaison des quantités cumulées recueillies par l'une ou l'autre technique lors du bilan à la sixième heure c'est-à-dire au maximum de passage des contenus issus du repas. En effet, les quantités de digesta collectées en 6 heures par dérivation post-valvulaire sont inférieures d'un tiers (matière fraîche) ou un quart (matière sèche) à celles recueillies dans le même temps par fistulation iléale. L'absence de toute différence entre les quantités cumulées sur 24 heures, quel que soit le mode de dérivation, montre que la préservation du rôle fonctionnel de la valvule, quoique retardant de 60 à 90 mn le passage vers le gros intestin du reliquat du repas d'épreuve, n'entraîne pas pour autant une digestion nettement plus importante dans l'intestin grêle, au plan quantitatif. Ce dernier point devra être vérifié en même temps que l'existence éventuelle de différences qualitatives.

## 2. — *Validité physiologique des préparations*

Au total, en dépit d'inconvénients matériels pour l'expérimentateur, la fistulation iléo-colique post-valvulaire présente nombre d'avantages certains en

regard des facteurs d'échec classiquement identifiés pour les techniques usuelles (fistulation réentrante iléo-iléale ou iléo-caecale). Cependant, les caractéristiques originales de la fistulation iléo-colique post-valvulaire conduisent à rechercher d'éventuels désordres résultant spécifiquement de cette intervention ou des conditions de son utilisation, et susceptibles d'entacher la validité physiologique des préparations. Dans ce domaine, l'ablation du caecum, relevant d'une nécessité de technique chirurgicale, pourrait être responsable d'une modification au moins transitoire du transit iléo-colique dans l'hypothèse, envisagée plus haut, de l'existence d'une quelconque régulation réflexe à point de départ caecal. En l'absence de tout support expérimental de cette hypothèse, il paraît d'intérêt plus immédiat d'évaluer globalement les changements résultants éventuels de la motricité de l'intestin grêle.

L'observation directe de la conservation de la contractilité de la saillie valvulaire chez les porcs soumis à fistulation iléo-colique post-valvulaire et la constante coïncidence d'une émission de digesta à la valvule avec l'aboutissement de une ou plusieurs ondes péristaltiques (fig. 5) viennent confirmer les observations préliminaires (DARCY, LAPLACE, et VILLIERS, 1980). De même, la persistance de l'organisation des activités électromyographiques de l'intestin grêle en M.M.C., chez des porcs dont la réplétion colique a été entretenue par restitution régulière des digesta recueillis (DARCY, LAPLACE, et VILLIERS, 1980) se trouve vérifiée. Cependant, ces deux ordres de phénomènes sont altérés de façon caractéristique lors d'obstruction accidentelle de la canule de dérivation, et par extension de l'intestin grêle en amont de celle-ci. Les activités électromyographiques illustrées par la figure 6 constituent un témoin de l'obstruction intestinale sur le site même de celle-ci. Par ailleurs, la désorganisation puis la disparition de toute organisation en M.M.C. sur l'ensemble de l'intestin grêle en constituent un second témoin, en accord avec d'autres observations (BUENO et RUCKEBUSCH, 1977). Tout accident d'obstruction mis à part, la préservation d'une organisation normale des activités électromyographiques de l'intestin grêle, et le maintien de l'intégrité fonctionnelle de la jonction iléo-caeco-colique, sont en faveur du caractère physiologique de la préparation. Il est donc effectivement possible d'attendre de la fistulation iléo-colique post-valvulaire des résultats décrivant correctement le passage des digesta vers le gros intestin.

Cela étant, les épreuves alternées de maintien de la réplétion colique ou à l'inverse de vacuité colique au long cours, tendent à montrer qu'il existe une influence rétrograde du gros intestin sur l'intestin grêle.

En effet, on enregistre après 3 jours de non restitution des digesta une importante désorganisation des M.M.C. ou à l'inverse après 2 jours de réintroduction chez un porc en vacuité colique une restauration de la périodicité des R.S.A. Le délai nécessaire, dans l'un ou l'autre sens, à l'apparition de ces effets est à rapprocher du temps de séjour moyen des digesta dans le gros intestin, qui peut être estimé à 40 heures environ lors d'ingestion de régimes purifiés hautement digestibles. La lenteur d'instauration de cette influence des conditions régnant dans le côlon suggère qu'il n'est pas nécessaire, pour entretenir la réplétion colique, d'assurer une restitution continue des digesta calquée sur leur émission. En pratique, il serait probablement suffisant de restituer les digesta de 24 heures en 2 interventions quotidiennes. On notera par ailleurs que la désorganisation des M.M.C. résultant de la vacuité colique ne concerne que la partie distale de l'intestin grêle. On peut donc suspecter que cet effet s'exerce à l'intérieur de la zone d'influence du parasymphatique pelvien.

Les observations qui précèdent rendent dans une certaine mesure criticables

les conditions expérimentales choisies pour l'étude comparative de la cinétique de passage des digesta selon la technique (iléale ou post-valvulaire). Le choix de la situation de vacuité colique signifie que les données obtenues ne peuvent être généralisées hors de cette situation expérimentale particulière.

Enfin, en ce qui concerne les conditions générales de l'expérimentation, le rythme d'un repas unique quotidien imposé aux animaux constitue également une situation expérimentale qui permet de suivre plus facilement le passage d'un repas d'épreuve mais qui ne permet aux animaux que de maintenir leur poids vif.

### 3. — *Caractéristiques et variations du transit vers le gros intestin*

La comparaison des résultats enregistrés dans ce travail aux données de la littérature est malaisée en raison des particularités méthodologiques de chaque étude. Par exemple : 2 repas quotidiens ont été distribués par BRAUDE, FULFORD et LOW (1976); une dilution de l'aliment par 2 fois et demie son poids d'eau a été utilisée par ZEBROWSKA (1973) et LOW (1974); la composition des régimes fournis aux porcs est extrêmement variable. Enfin, la durée des collectes faisant l'objet d'un même échantillonnage est généralement plus longue que celles que nous avons retenues (1 h ou 2 h) : périodes de 3 heures (CUNNINGHAM, FRIEND et NICHOLSON, 1963); périodes inégales de 3-3 puis 6 et 12 heures (CUPERLOVIC, HRISTIC et ZEBROWSKA, 1975); 3 périodes de 8 heures (ZEBROWSKA, 1973); 4 périodes de 6 heures (BRAUDE, FULFORD et LOW, 1976). Les chronologies adoptées par ces différents auteurs ne permettent en aucun cas de décrire la cinétique de passage des digesta au niveau de l'iléon terminal comme le montre le caractère rectiligne des graphiques de LOW (1974) pour le passage de la matière fraîche ou de la matière sèche au niveau de l'iléon. Du reste, BRAUDE, FULFORD et LOW (1976) observent seulement la collecte iléale de quantités plus faibles de matière fraîche, 12 à 18 h après le second repas quotidien; il en est de même pour la matière sèche (LOW, PARTRIDGE et SAMBROOK, 1978). Selon nos observations, une collecte horaire est nécessaire pour mettre en évidence la différence de cinétique de passage des digesta entre les 2 techniques mises en œuvre, alors que des collectes correspondant à de longs intervalles conviennent pour une étude de digestibilité. Ceci signifie que des collectes toutes les 2 heures peuvent rendre difficile la saisie d'une différence de cinétique de passage lors d'une comparaison entre aliments par exemple. On note cependant que le calcul des quantités cumulées recueillies en 6 heures après un repas permet de révéler des différences de cinétique de passage. Cela étant, les collectes toutes les 2 heures permettent de décrire pour la première fois, et sous les conditions d'alimentation utilisées, le passage vers le gros intestin des digesta résultant d'un repas d'épreuve : début vers la troisième ou quatrième heure post-prandiale, maximum à la cinquième et sixième heure, achèvement à la quatorzième heure.

La variabilité apparemment plus importante entre épreuves chez un même porc qu'entre des porcs différents, que nous avons observée pour des collectes toutes les 2 heures indépendamment du mode de fistulation, est en accord avec les données de BRAUDE, FULFORD et LOW (1976) et de LOW, PARTRIDGE et SAMBROOK (1978) pour des collectes par périodes de 6 heures. Enfin, la digestibilité apparente de la matière sèche est comprise entre 85 et 87 p. 100 pour nos régimes à 16 p. 100 de matières azotées totales, quel que soit l'amidon ingéré ou le mode de fistulation. Ces valeurs sont un peu plus faibles que la valeur de 94 p. 100 enregistrée par BRAUDE, FULFORD et LOW (1976) pour un régime comportant

une égale proportion d'amidon de maïs et de saccharose et 2 p. 100 seulement de cellulose purifiée contre 6 p. 100 pour nos régimes.

En ce qui concerne les variations liées à la composition de l'aliment, la nature de l'amidon ne paraît pas influencer la cinétique de passage des digesta telle qu'elle est décrite par collecte toutes les 2 heures. Pourtant, certaines différences sont enregistrées dans les quantités cumulées, en 6 h, de matière fraîche ou de matière sèche. On note en particulier que les quantités recueillies au total lors d'ingestion d'un amidon de blé sont, selon la technique de dérivation utilisée, plus importantes (dérivation post-valvulaire) ou à l'inverse plus faibles (dérivation iléale) que celles collectées de la même façon lors d'ingestion d'amidon de maïs. L'objet du travail réalisé visant surtout à tester deux techniques chirurgicales dans diverses situations, il n'est pas possible d'affirmer que cette différence, concernant surtout la matière fraîche, est réellement systématique. Néanmoins, ces observations incidentes justifient d'entreprendre une étude particulière de l'influence possible de la nature de l'amidon. En l'absence de différence de digestibilité de la matière sèche, l'existence d'un certain retard du passage de l'un des aliments par rapport à l'autre paraît plausible.

De la même façon, l'influence du taux de matières azotées totales ne constitue pas l'objet direct du travail. Les quantités de matière fraîche collectées en 6 h par dérivation iléale sont, quel que soit le taux de matières azotées, plus importantes que par dérivation post-valvulaire. Mais cette dernière technique fait apparaître une réduction considérable de la quantité de matière fraîche collectée en 6 h pour un régime protéoprive par rapport à des régimes à 8 ou 16 p. 100 de matières azotées. Cet effet apparent pourrait résulter simplement du retard enregistré pour le passage des digesta chez le porc B recevant le régime protéoprive-amidon de blé. De fait, le nombre limité et variable de données disponibles pour de telles comparaisons ne permet pas une analyse systématique des effets du taux de matières azotées du régime mais suggère, comme pour l'amidon, l'intérêt d'une étude spécifique ultérieure.

## Conclusion

Il ressort de ce travail que la fistulation iléo-colique post-valvulaire, chirurgicalement réalisable, permet effectivement d'obtenir les digesta tels qu'ils sont normalement émis vers le gros intestin, et ce dans des conditions satisfaisantes pour les animaux. De fait, elle ajoute des contraintes nouvelles pour l'expérimentateur, mais résout l'essentiel des problèmes rencontrés dans le passé avec les techniques conventionnelles de fistulation réentrante iléo-iléale ou iléo-caecale.

La préservation du rôle fonctionnel de la jonction iléo-caeco-colique a deux conséquences évidentes : les digesta, recueillis dans des conditions plus proches de la réalité, ont une teneur en matière sèche plus élevée et ont séjourné un peu plus longtemps dans l'intestin grêle que lors de dérivation iléale.

La fistulation iléo-colique post-valvulaire s'avère, sur la base des activités électromyographiques, d'une innocuité satisfaisante à l'égard de l'intestin grêle. L'existence d'une influence de la réplétion colique à l'égard de l'organisation des phénomènes moteurs de l'intestin grêle est constatée.

Enfin, toute évaluation de la digestion dans l'intestin grêle et toute comparaisons entre les données bibliographiques, doit tenir compte du mode de dérivation des digesta, et probablement de la nature et des proportions des divers

constituants du régime, dans la mesure où des variations de sens opposé peuvent être enregistrées selon la technique mise en œuvre.

*Accepté pour publication en mars 1980.*

## Summary

### *Digestion in the pig small intestine*

#### 2. — *Comparative kinetics of the passage of digesta according to the mode of fistulation, ileocaecal or post-valvular ileocolic, in various feeding conditions*

A new technique, called post-valvular ileocolic fistulation, for collecting digesta like those normally emitted towards the large intestine, is described. It consists in fitting a glass cannula of an appropriate form with a small pouch of caecocolic tissue in which emerges the terminal ileum. The digesta emitted are collected continuously in a rubber bag fitted to the cannula. In the absence of any re-entrant device, the digesta may be reintroduced into the large intestine through a simple cannula implanted in the helicoidal colon.

Nine castrated Large White pigs with a live weight range of 47-64 kg were used to compare the post-valvular ileocolic fistulation technique with the conventional ileocaecal fistulation method. The animals received one daily meal, including a semi-synthetic feed based on purified starch (maize or wheat, 74 p. 100 of the dry matter) and fish meal (16,8 or 0 p. 100 total crude protein). The digesta were collected every 2 hours over the whole 24hr-cycle and in some cases every hour between 9.00a.m. and 6.00 p. m. in order to determine the amounts of fresh matter (F.M.) and dry matter (D.M.). Three of these pigs were fitted with electrodes for electromyography of the small intestine. Two pigs fitted with chronic electrodes were subjected alternately to long-term colic emptiness and repletion. For all the other animals, a permanent colic emptiness was chosen rather than a restitution of digesta collected because the former solution was assumed to supply a more homogenous situation for the comparison of techniques.

Post-valvular ileocolic fistulation seems to be very well tolerated by the animals and permits to avoid the main causes of failures of the current techniques. The electromyographical study of the small intestine motility, showed the persistence of the myoelectric migrating complexes during post-valvular fistulation, provided that the colic repletion is maintained by the restitution of digesta. The suppression of the latter greatly changes this organization in the ileum.

After a test meal, the amounts of F.M. and D.M. collected increased from the 3rd-4th hour and reached a maximum flow rate during the 5th-6th hour; the main fraction of the dietary residual bulk passed through the ileum within 14 hours. Hourly collections and determination of the amounts of digesta collected in 6 hours showed that the duration of the gastro intestinal food passage was increased by 60-90 min when the functional role of the ileo-caeco-colic junction was preserved. Thus, the current techniques result in a too early derivation of digesta as compared with their true emission towards the large intestine as evidenced by post-valvular fistulation recording. In addition, the D.M. content of digesta collected over 24 hrs using the latter technique is higher (11.8 p. 100) than that of effluents derived from the ileum (10.7 p. 100). The observations concerning the influence of the type of starch or of the level of crude protein suggest the existence of differences depending on these factors; but a systematic study is required. According to preliminary observations made in this field, we have to be prudent in an evaluation of digestion in the small intestine. In some cases, opposite variations as affected by the same factor may be recorded according to the fistulation technique used.

## Références bibliographiques

- BRAUDE R., FULFORD R. J., LOW A. G., 1976. Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs. Measurements of the flow of digesta and pH *Br. J. Nutr.*, **36**, 497-510.  
 BUENO L., RUCKEBUSCH Y., 1977. Migrating myoelectrical complexes: disruption, enhancement and disorganization, pp. 83-90. in : DUTHIE H. I. *Gastro-intestinal Motility in Health and Disease*, 1 vol., MTP Press, Lancaster (UK).

- CLEMENS E. T., STEVENS C. E., SOUTHWORTH M., 1975. Sites of organic acid production and pattern of digesta movement in the gastro-intestinal tract of swine. *J. Nutr.*, **105**, 759-768.
- CUNNINGHAM H. M., FRIEND D. W., NICHOLSON J. W. G., 1962. Note on a reentrant fistula for digestion studies with pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, **42**, 112-113.
- CUNNINGHAM H. M., FRIEND D. W., NICHOLSON J. W. G., 1963. Observations on digestion in the pig using a reentrant intestinal fistula. *Can. J. Anim. Sci.*, **43**, 215-225.
- CUPERLOVIC M., HRISTIC V., ZEBROWSKA T., 1975. Influence of the composition of the dietary protein supplement on the digestion and absorption of protein in the small intestine of pigs. *Acta Veterinaria*, **25**, 287-300.
- DARCY B., LAPLACE J. P., 1980. Digestion dans l'intestin grêle chez le Porc. 1) Définition des conditions d'obtention des digesta. *Ann. Zootech.*, **29**, 137-145.
- DARCY B., LAPLACE J. P., VILLIERS P. A., 1980. Obtention des digesta parvenant au gros intestin par fistulation ileo-colique post-valvulaire : Note préliminaire. *Reprod. Nutr. Develop.*, **20** (4 B), 1197-1202.
- LAPLACE J. P., 1975. Le transit digestif chez les Monogastriques. II Phénomènes moteurs et mouvements des digesta. *Ann. Zootech.*, **24**, 489-551.
- LAPLACE J. P., 1978. Organisation de la motricité de l'intestin grêle chez le porc et influence de l'alimentation. *Ann. Zootech.*, **27**, 377-408.
- LIVINGSTONE R. M., FOWLER V. R., WHITE F., WENHAM G., 1977. Annealed glass cannulae for use in digestion studies with pigs, *Vet. Rec.*, **101**, 368.
- LOW A. G., 1974. *Observations on the digestion of proteins by the growing pig*. Ph. D. Thesis, 255 p., University of Reading (U.K.).
- LOW A. G., PARTRIDGE I. G., SAMBROOK I. E., 1978. Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs. 2) Measurements of the flow of dry matter, ash and water. *Br. J. Nutr.*, **39**, 515-526.
- RERAT A., 1978. Digestion and absorption of carbohydrates and nitrogenous matters in the hindgut of the omnivorous non-ruminant animal. *J. Anim. Sci.*, **46**, 1808-1837.
- ZEBROWSKA T., 1973. Influence of dietary protein source on the rate of digestion in the small intestine of pigs. part I. Amount and composition of digesta. *Rocz. Nauk. Roln.*, **95** B, 115-133.
-