



HAL
open science

QUELQUES ASPECTS DU TRANSIT GASTRO-INTESTINAL CHEZ LE PORC

Non Renseigné, J. Martinet, A. Rérat, J.-C. Marcilloux

► **To cite this version:**

Non Renseigné, J. Martinet, A. Rérat, J.-C. Marcilloux. QUELQUES ASPECTS DU TRANSIT GASTRO-INTESTINAL CHEZ LE PORC. *Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique*, 1967, 7 (3), pp.261-279. <hal-00896379>

HAL Id: hal-00896379

<https://hal.science/hal-00896379v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

QUELQUES ASPECTS DU TRANSIT GASTRO-INTESTINAL CHEZ LE PORC

P. AUFRAY, J. MARTINET, A. RÉRAT
avec la collaboration technique de J.-C. MARCILLOUX

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Laboratoire de Physiologie de la Lactation,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Le transit gastro-intestinal est étudié sous un aspect dynamique et quantitatif, à l'aide de la technique des fistules digestives permanentes. Simultanément, on enregistre la motricité du pylore et des régions gastriques et duodénales voisines au moyen de fins ballonets placés dans les parois.

La méthode des fistules montre que la vidange stomacale est très précoce et très rapide si bien qu'au bout de 15 minutes, 30 à 40 p. 100 du volume de repas ingéré sont évacués dans le duodénum. L'arrivée d'une quantité aussi importante de bols alimentaires dans l'intestin entraîne alors une émission discontinue des effluents gastriques.

Ainsi, la vidange stomacale présente deux phases distinctes et ne peut s'exprimer sous la forme d'une courbe mathématique simple.

L'influence du volume et de la nature du régime sur l'évacuation gastrique a été envisagée. Le volume joue un rôle très important dans la régulation du transit gastro-intestinal et il existe une relation linéaire entre les volumes ingérés et les volumes évacués pendant la première phase du transit.

L'étude du fonctionnement du pylore a été abordée et les différents faits acquis tendent à montrer que cet organe jouerait un rôle secondaire dans le contrôle de la vidange stomacale. La régulation de cette dernière se ferait par des modifications de motricité au niveau du pylore et des différents segments gastriques.

Le pH des bols alimentaires ne semble pas occuper une place primordiale dans cette régulation.

INTRODUCTION

Le transit des aliments au niveau du tractus digestif a fait l'objet d'un grand nombre de travaux chez les espèces animales et chez l'Homme. En ce qui concerne le Porc, le transit a surtout été envisagé sous un aspect global faisant appel à la technique des colorants ou à la méthode des abattages (RÉRAT et *al.*, 1963). Quant à la mesure du débit, au niveau d'un segment intestinal donné, il n'existe à notre

connaissance que quelques études de CUNNINGHAM (1962, 1963) entreprises à l'aide de la technique des fistules digestives permanentes, technique déjà utilisée depuis plusieurs années chez le Mouton ou la Chèvre par PHILLIPSON *et al.* (1952), HOGAN *et al.* (1960), HARRIS *et al.* (1962). Ajoutons que ces recherches de CUNNINGHAM étaient surtout envisagées sous un aspect biochimique et concernaient les parties postérieures de l'intestin grêle.

Actuellement, la technique des canules permanentes est la seule qui permette une étude du transit au niveau du tractus digestif, de repas riches en matières solides, sous un aspect dynamique et quantitatif. Aussi, l'avons-nous utilisée afin de connaître l'évolution de la vidange gastrique chez le Porc et de préciser certains aspects de sa régulation. Simultanément, nous avons enregistré la motilité gastrique afin de contrôler les perturbations possibles dues à la présence des canules.

TECHNIQUES

L'ensemble des recherches qui sont exposées ici ont été effectuées sur des porcs de race *Large White* pesant entre 50 et 70 kg.

A — Préparation chirurgicale des animaux

a) Anesthésie.

Après un jeûne de 24 heures, les animaux reçoivent une injection intra-veineuse d'un mélange de Nembutal (éthyl-méthylbutylbarbiturate de sodium), de Penthiobarbital sodique (éthyl-méthylthiobarbiturate de sodium) et d'Atropine, dans les proportions qui suivent :

Nembutal	5 ml (solution à 6,5 p. 100)
Penthiobarbital	1 g
Atropine (sulfate)	2 ml (solution à 2 p. 100)
Eau distillée QSP	50 ml

Après intubation trachéale, l'anesthésie est entretenue à l'aide d'un mélange gazeux (oxygène-protoxyde d'azote), ce mélange pouvant ou non barboter dans du méthoxyfluorane (pentrane) suivant le degré d'anesthésie souhaitée.

b) Mise en place des canules.

On utilise des canules de polyvinyl dérivées du modèle de ASH (1962). Une canule destinée au prélèvement des effluents gastriques est placée au niveau de l'abouchement du canal pancréatique, ou à quelques centimètres en amont selon la longueur du duodénum.

Après incision de la paroi du duodénum, au niveau de la grande courbure, la canule est introduite dans la lumière intestinale, puis la fermeture de la plaie est réalisée à l'aide d'une suture d'enfouissement avec de la soie sertie n° 0. Une suture en bourse est réalisée autour de la canule avec de la soie sertie n° 1. En une huitaine de jours, les tissus au niveau de la bourse sont nécrosés, ce qui entraîne des écoulements de contenus à l'extérieur des canules. Aussi, pour retarder l'apparition de ces fuites, une deuxième suture en bourse est réalisée autour des canules à l'aide du péritoine.

La canule traverse les parois du flanc droit immédiatement en arrière et en bas des dernières côtes. Elle est maintenue en place à l'aide de fils de nylon fixés dans une échancrure pratiquée à sa base. Ces fils sont glissés le long de la canule et noués sur un anneau de plastique. Ce mode de fixation empêche le retrait de la canule à l'intérieur de la cavité abdominale et le serrage de ces fils retarde l'apparition des fuites à l'extérieur. Cette fistule ainsi mise en place est dite fistule duodénale haute.

De cette manière, nous pouvons récolter tous les effluents gastriques, mais le prélèvement continu a pour effet d'accélérer la vidange stomacale. La réintroduction du chyme dans le duodénum est donc nécessaire : elle est réalisée à l'aide d'une deuxième canule placée une dizaine de centimètres en aval de la première. Toutefois, lors des réinjections, on assiste au reflux d'une certaine quantité

d'aliment vers la première canule. Pour empêcher ce reflux, il est déconseillé d'utiliser un ballon placé entre les deux canules, car PHILLIPSON (1952) a montré que la distension produite par son gonflement ralentit le transit. C'est pourquoi nous avons sectionné le duodénum entre les deux canules : les deux extrémités sont fermées à l'aide d'un surjet enfouissant, puis reliées entre elles par quelques points séparés pour éviter toute déchirure du mésentère ou du pancréas. Les deux canules sont réunies à l'extérieur par un tube transparent. Leur diamètre intérieur est de 12 mm.

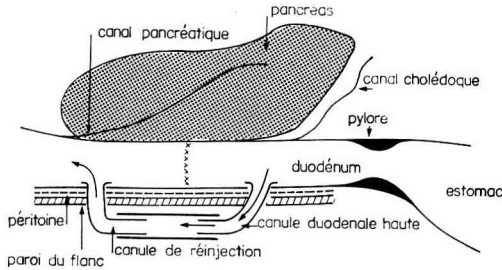


Schéma illustrant la mise en place des canules

La réalisation des bourses autour des canules doit être effectuée avec un soin méticuleux si l'on veut éviter les fuites le long de celles-ci. Il est ainsi possible d'utiliser des animaux pendant des périodes atteignant deux mois et cela malgré leur indocilité.

Sur le plan chirurgical, les difficultés concernent la brièveté du duodénum et du mésentère.

Afin de connaître les perturbations possibles dues aux fistules, nous avons procédé à l'enregistrement de la motricité gastrique avant la mise en place des canules, pendant les manipulations et en dehors des prélèvements.

Cette étude est réalisée à l'aide de fins ballonnets de la grosseur d'un pois. Ils sont fabriqués de la manière suivante : l'extrémité d'un tube de polyéthylène très fin (diamètre intérieur : 4/10 mm) est chauffée à la flamme d'un bec Bunsen et fermée à l'aide d'une pince. A 1 ou 2 centimètres de cette extrémité, le tube est légèrement ramolli par chauffage puis dilaté par introduction d'air par l'extrémité ouverte du tube à l'aide d'une seringue munie d'une aiguille hypodermique. Avant leur mise en place, ces ballonnets sont remplis de liquide : l'extrémité du tube située du côté du ballonnet est sectionnée et on remplit le tube et le ballonnet de liquide de façon à chasser l'air. Puis on referme le tube à la flamme. Les ballonnets sont introduits dans les parois du bulbe duodénal, du pylore, des régions prépyloriques et antrales. Les tubes de polyéthylène sont fixés soigneusement au niveau du péritoine afin d'éviter une occlusion intestinale, puis après un long trajet sous la peau, ils sont extériorisés au niveau du dos. Au bout de quelques jours, une légère réaction tissulaire se produit autour des ballonnets qui les protège d'une dilatation excessive.

Pendant les manipulations, le tube rempli de liquide est relié à un capteur de pressions. L'enregistrement de la pression se fait sur un appareil à deux voies Sanborn.

L'estimation de la matière sèche se fait en prélevant une fraction des contenus stomacaux homogénéisés. Mais ces manipulations retardent la réintroduction des bols alimentaires dans le duodénum, ce qui entraîne une perturbation du transit.

B — Protocole expérimental

L'étude de la vidange stomacale est entreprise une huitaine de jours après l'opération. Les animaux sont alors placés dans une cage analogue à une cage à métabolisme, à laquelle ils s'adaptent très rapidement (3 à 4 jours). Ils reçoivent deux repas par jour, le premier à 8 heures et le second à 18 heures. Les manipulations se font généralement au cours du premier repas.

Les effluents stomacaux sont collectés dans un récipient en verre. Ce dernier est en relation avec un tube de verre fin qui sert d'indicateur de niveau. Le récipient collecteur est entouré d'un manchon permettant la circulation d'eau chaude destinée à maintenir les contenus à température constante. Les bols alimentaires sont réintroduits dans l'intestin à l'aide d'une pompe à galets munie d'un compte-tours.

L'étude du transit est effectuée généralement sur des périodes de 7 heures, chaque jour pendant plusieurs semaines.

Des prélèvements d'essai sont effectués pendant quelques jours jusqu'à reproductibilité des résultats. Pendant les manipulations, il faut veiller à ce que l'environnement du Porc soit toujours le même et surtout éviter tout bruit associé à la distribution de son régime.

Représentation du transit de 4 repas consécutifs

Porc n° 125

Temps depuis le début du repas en quarts d'heure		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quantités émises en ml	Repas n° 1.....	424	163	129	151	75	68	228	204	104	57	63
	Repas n° 2.....	576	59	71	34	192	22	102	96	168	105	56
	Repas n° 3.....	531	135	87	81	89	187	193	204	43	39	44
	Repas n° 4.....	558	234	76	111	106	54	58	159	262	50	30

Transit de 3 repas contenant 600 g à

Porc n° 61014

Temps depuis le début du repas en quarts d'heure		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quantités émises en ml	Repas n° 1.....	600	70	95	535	500	355	215	115	115	175	115
	Repas n° 2.....	540	75	305	865	405	140	175	165	105	125	190
	Repas n° 3.....	485	275	315	155	800	140	85	180	55	65	260

Transit de 2 repas (moyenne) contenant

Porc n° 121

Temps depuis le début du repas en quarts d'heure		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quantités émises en ml.....		1 127	65	42	47	112	425	382	215	197	112	197

Transit de 4 repas contenant 700 g

Porc n° 61639

Temps depuis le début du repas en quarts d'heure		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quantités émises en ml	Repas n° 1.....	900	31	18	12	31	25	346	403	365	170	119
	Repas n° 2.....	1 215	44	18	25	25	44	138	346	384	44	189
	Repas n° 2.....	743	12	189	611	434	384	258	151	302	100	75
	Repas n° 4.....	756	25	18	63	176	409	340	289	25	75	75

AU I

tenant chacun 300 g de M. S. et 900 ml H₂O (Régime de base)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
238	91	105	74	57	73	64	107	108	112	81	50	76	55	72	33	64
154	176	82	25	28	50	73	54	49	65	41	57	48	39	44	18	49
228	155	71	91	98	113	64	39	116	73	53	52	74	75	27	45	78
98	210	24	203	63	98	125	122	14	113	73	107	60	55	78	59	45

. S. et 1800 ml H₂O (Régime de base)

12	13	14	15	16	17	18	19	20
110	75	145	90	50	130	115	160	195
305	125	185	90	95	200	140	180	120
185	155	185	30	220	220	40	100	180

AU 2

0 g de M. S. 2100 ml H₂O et (Régime de base)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
130	102	75	205	207	142	162	237	177	155	200	112	90	80	185	150	75

M. S. et 2100 ml H₂O (Régime de base)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
56	69	37	220	207	69	195	37	151	151	170	118	100	163	75	107	113
170	107	132	144	182	100	94	107	163	44	75	37	25	233	94	56	189
245	138	201	88	283	63	107	201	182	144	37	138	189	63	144	176	132
138	6	12	18	56	100	101	44	75	69	119	37	12	75	107	50	18

TAB

*Transit de 7 repas contenant 600 g**Porc n° 323*

Temps depuis le début du repas en quarts d'heure		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quantités émises en ml	Repas n° 1.....	635	75	40	500	430	235	190	70	175	115	60
	Repas n° 2.....	625	110	250	140	180	295	160	120	235	40	110
	Repas n° 3.....	535	130	420	390	90	405	260	240	120	105	190
	Repas n° 4.....	725	105	155	220	95	425	285	215	160	75	130
	Repas n° 5.....	570	70	245	145	200	540	225	200	240	150	135
	Repas n° 6.....	745	80	40	355	550	170	180	135	105	75	90
	Repas n° 7.....	725	105	60	185	290	275	160	195	125	110	155

*Transit de 2 repas contenant 700 g de D**Porc n° 52007*

Temps depuis le début du repas en quarts d'heure		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quantités émises en ml	Repas n° 1.....	1 140	234	216	150	198	180	226	234	198	210	606
	Repas n° 2.....	1 092	210	162	300	108	216	126	18	282	348	462

TAB

*Transit de 2 repas chez un porc muni d'une fistule au niveau du can**Porc n° 54262*

Temps depuis le début du repas en quarts d'heure		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quantités émises par l'estomac en ml.		580	40	105	120	125	30	25	60	365	240	210
Quantités de bile émises en ml.....		28	9	11	8	0	6	18	8	13	14	0

U 3

S. (Régime de base) et 1 800 ml H₂O

12	13	14	15	16	17	18	19	20
55	230	50	85	90	135	140	250	270
90	95	70	175	365	20	110	300	185
25	145	215	65	90	90	85	135	90
10	170	210	180	145	40	210	120	95
45	240	125	170	165	120	140	80	130
29	130	50	100	40	220	75	100	65
80	40	70	380	155	310	170	20	75

(Régime de base) et 1800 ml H₂O

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
24	378	234	138	234	294	312	450	468	252	312	360	480	162	30	250	18
64	138	192	273	312	646	420	312	228	144	264	318	72	18	276	432	186

U 4

lédoque et de fistules duodénales (repas 500 g M.S. (Régime de base) et 1500 ml H₂O)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
35	210	80	40	125	105	80	220	200	110	20	100	155	35	50	210	70
15	17	24	12	16	11	13	15	80	18	17	23	17	21	11	24	21

Le régime de base utilisé est un régime semi-synthétique formé de 65 p. 100 d'amidon, 17 p. 100 de caséine, 8 p. 100 d'huile d'arachide, 5 p. 100 de cellulose et 5 p. 100 d'un mélange minéral et vitaminique. L'aliment ingéré est formé d'une partie de matière sèche pour deux ou trois parties d'eau. D'une manière générale, le repas est consommé en trois à quatre minutes. On mesure le pH sur les échantillons collectés à l'aide d'un pHmètre.

RÉSULTATS

Les résultats suivants sont tirés de l'observation expérimentale de 30 porcs fistulés et sur lesquels nous avons réalisé un total de 385 manipulations. Ces résultats reproduits dans les tableaux 1, 2, 3, 4, ont été choisis aussi nombreux que possible en tenant compte surtout des variations individuelles et journalières.

I — *Aspect de la courbe de transit*

a) *Repas normal.*

En ordonnée, sont portées les quantités de contenus recueillies au niveau de la fistule duodénale haute exprimées en ml, et en abscisse le temps divisé en quarts d'heure.

De l'examen de la courbe, et pour la période de temps considérée, il ressort qu'il existe deux phases dans la vidange gastrique : une phase initiale très rapide qui débute avant la fin de l'ingestion du repas et pendant laquelle les contenus évacués représentent 30 à 40 p. 100 du volume ingéré, soit 20 à 25 p. 100 pendant les cinq premières minutes (fig. 1 et 2). Ensuite apparaît une deuxième phase irrégulière avec émission discontinue, en jets, des bols alimentaires. Au cours de cette phase, les solides sont évacués d'une manière discontinue (fig. 3) ; leur réintroduction dans le duodénum entraîne un ralentissement, voire un blocage du transit gastro-intestinal. L'action ralentissante ou inhibitrice est d'autant plus importante que l'estomac présente un degré de vacuité plus marqué. L'apparition des solides au niveau de la fistule duodénale haute est toujours précédée de celle des liquides. Si on filtre sur gaze les effluents gastriques de telle sorte qu'on ne réintroduise que des liquides dans l'intestin, l'estomac n'évacue plus que des bols riches en solides.

Les volumes recueillis au bout de 7 heures sont environ deux fois plus élevés que les volumes ingérés. Ceci montre l'importance des sécrétions digestives.

b) *Repas échelonnés.*

Si le Porc consomme sa ration non plus en 3 à 4 minutes, mais d'une manière étalée sur 15 ou 30 minutes, on constate que l'évacuation gastrique reste toujours précoce et que les volumes recueillis pendant la phase initiale augmentent avec la durée d'ingestion (fig. 4).

c) *Composition des bols alimentaires.*

La quantité de matière sèche émise pendant le premier quart d'heure, exprimée en fonction de la quantité ingérée, représente 10 à 15 p. 100.

Le pH des échantillons prélevés reste constant pendant le premier quart d'heure et égal à celui de l'aliment utilisé (6,3 dans le cas de l'aliment standard à base d'amidon), puis devient alcalin et au bout de 3/4 d'heure il baisse et oscille entre 5 et 3,5.

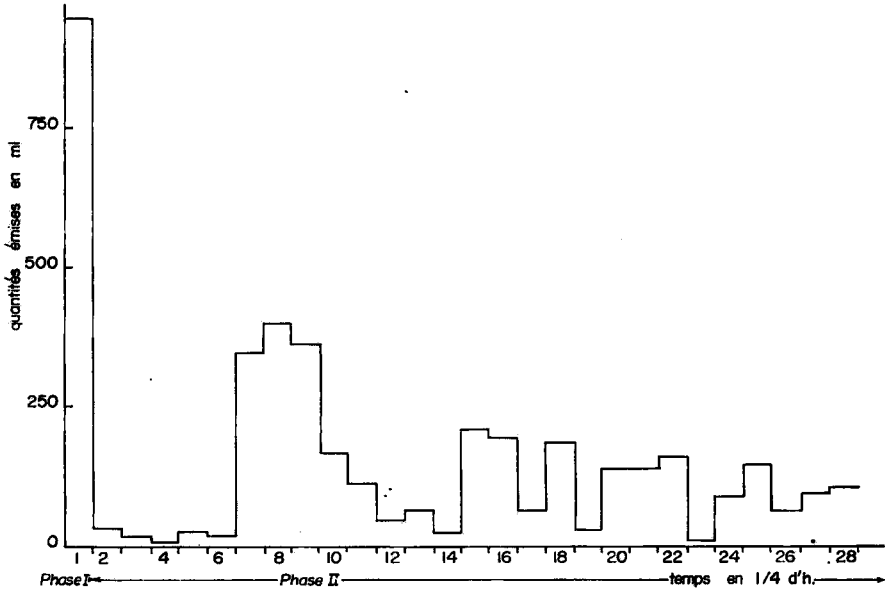


FIG. 1. — Exemple de courbe montrant l'évolution du transit d'un repas standard au cours du temps

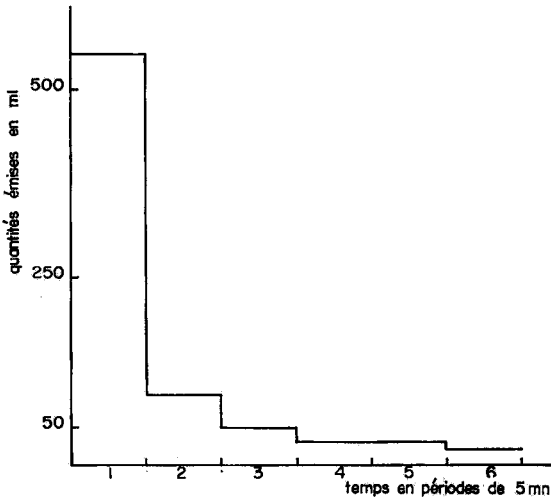


FIG. 2. — Évolution du transit pendant la première demi-heure (moyenne de 7 repas)

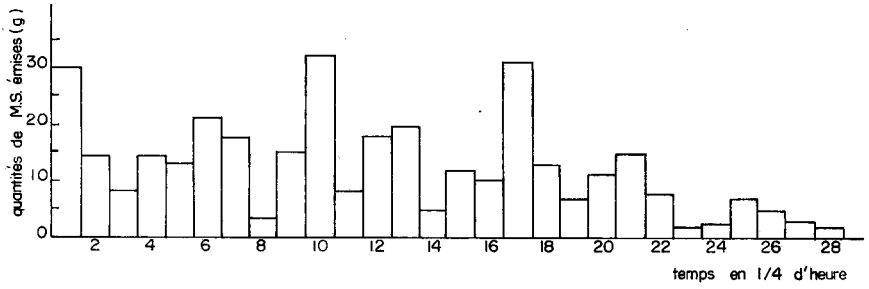


FIG. 3. — Courbe de vidange de la matière sèche

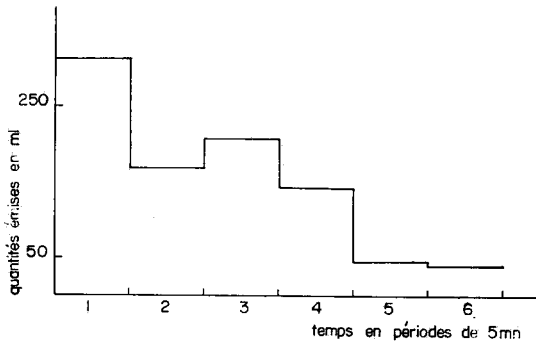


FIG. 4. — Vidange stomacale pendant la première demi-heure pour des repas consommés en un quart d'heure (moyenne de 3 repas)

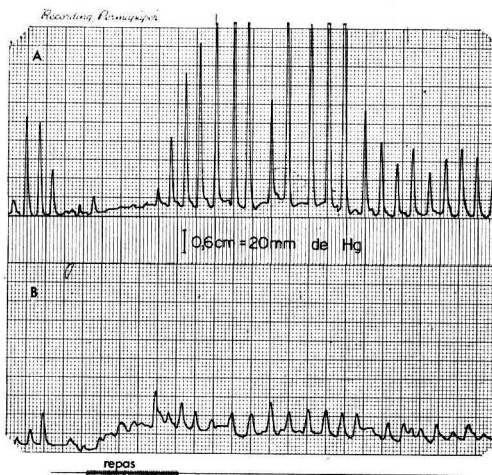


FIG. 5. — Enregistrement de la motricité : au niveau du pylore (A), au niveau de la région prépylorique (B). Vitesse de déroulement : 0,25 mm/s.

d) *Motricité.*

1° *Chez l'animal avec fistule et au cours des prélèvements.* Pendant le repas, on observe une disparition de toute activité au niveau du pylore et ceci pendant une à deux minutes. Il s'agit d'un relâchement et non d'une contraction de fermeture du sphincter pylorique puisqu'une quantité importante d'aliment quitte l'estomac. Puis le pylore se contracte toutes les 15-20 secondes et au même rythme que les régions prépyloriques et antrales (fig. 5). Ensuite apparaissent des phases de relâchement suivies de phases d'activité. Les inhibitions de la motricité accompagnent la réintroduction dans le duodénum de contenus à forte prédominance en matières solides (fig. 6).

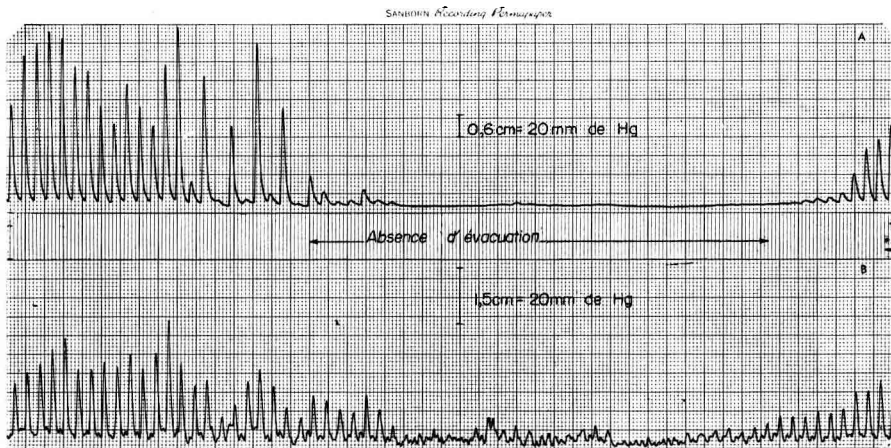


FIG. 6. — Enregistrement de la motricité dans le cas précis à partir de la quatrième heure, au niveau du pylore (A), au niveau de la région antrale distale (B). La réintroduction continue des effluents gastriques dans le duodénum entraîne d'abord une inhibition de la motricité pylorique. La levée de cette inhibition se manifeste en premier lieu au niveau de l'antrum. Vitesse de déroulement 0,25 mm/s.

Au niveau des régions prépyloriques et antrales, au cours du repas, on enregistre une augmentation du tonus. Sur cette variation tonique se greffent des vagues de contraction de faible amplitude. Au niveau de ces régions, au cours de la deuxième phase de vidange gastrique, se produisent des alternances d'activité et de repos qui correspondent à celles des régions pyloriques. Toutefois, on peut observer des contractions au niveau de l'antrum alors que le pylore et les régions prépyloriques ne présentent aucune activité (fig. 7).

Dans tous les cas, les émissions de chyme stomacal résultent d'un fonctionnement unitaire de l'antrum, du pylore et du duodénum.

L'effet inhibiteur sur la motilité pylorique et gastrique des contenus solides réintroduits dans le duodénum dépend de leur volume, de leur nature et du degré de vacuité de l'estomac. De plus, cet effet est immédiat et très important lors de réinjections trop rapides.

2° *L'animal sans fistule* a une motricité similaire à la précédente. Toutefois, les variations cycliques au cours de la deuxième phase de vidange semblent moins marquées.

3° *L'animal avec fistule*, mais chez lequel les effluents gastriques ne sont pas réinjectés, se distingue essentiellement des précédents par des vagues de contractions de grande amplitude et pratiquement ininterrompues.

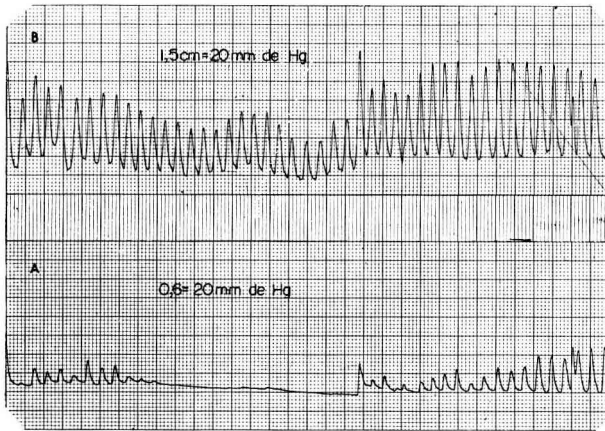


FIG. 7. — Enregistrement de la motricité dans le cas précis à partir de la cinquième heure, au niveau de la région antrale proximale (A), au niveau du pylore (B). La réintroduction continue des bols alimentaires affecte très peu la motricité antrale. Vitesse de déroulement : 0,25 mm/s.

II — Influence du volume ingéré et de la nature de l'aliment

1° Influence du volume.

Plus le volume ingéré est important et plus grande sera l'évacuation gastrique. Entre le volume ingéré et le volume évacué pendant la première demi-heure, il existe une relation linéaire. Les droites correspondantes (fig. 8) ne passent pas par

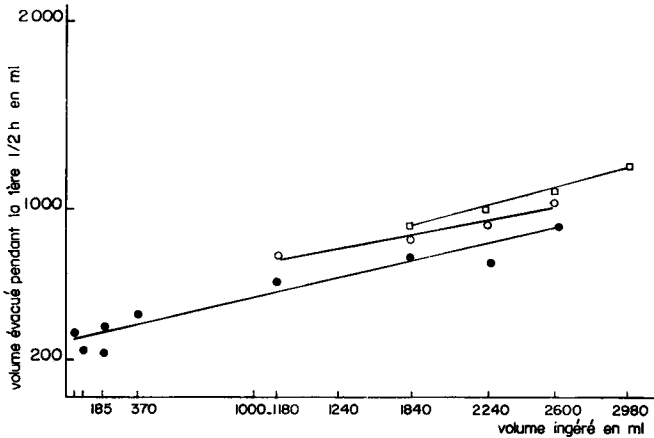


FIG. 8. — Relation entre le volume évacué pendant la première demi-heure et le volume ingéré

$$\text{Porc n}^\circ 54055 \quad y = 187 + 0,378 x, \quad r = 0,84$$

$$\text{Porc n}^\circ 54760 \quad y = 438 + 0,232 x, \quad r = 0,85$$

$$\text{Porc n}^\circ 323 \quad y = 331 + 0,219 x, \quad r = 0,91$$

l'origine car il y a toujours dans l'estomac des sécrétions et des reliquats des repas précédents, lesquels sont évacués en raison de l'excitation du Porc ayant reçu une ration insuffisante.

2° *Influence de la nature de l'aliment.*

Nous avons utilisé quelquefois des régimes naturels, mais plus souvent des régimes semi-synthétiques dont on peut aisément remplacer un constituant par un autre et dans les mêmes proportions. Dans un certain nombre d'essais, l'amidon a été remplacé par du saccharose ou du glucose.

Pour un animal donné, nous obtenons une courbe caractéristique du transit, avec les deux phases précédemment décrites, sauf si les glucides sont sous forme de glucose ; dans ce cas, on observe une seule phase avec cependant une vidange toujours précoce des contenus stomacaux. Les courbes de transit se distinguent essentiellement entre elles par l'aspect des émissions cycliques des effluents gastriques (fig. 9).

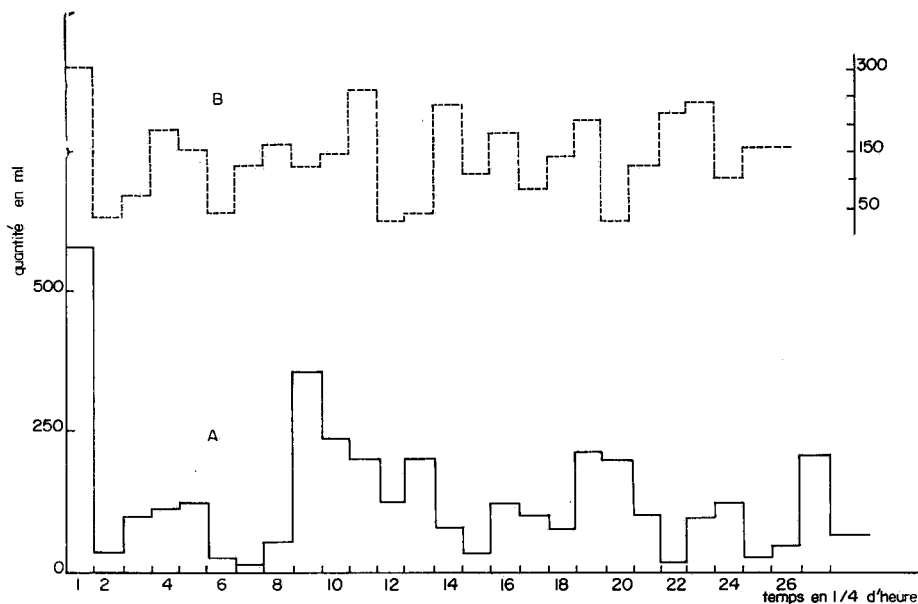


FIG. 9. — Influence de la nature du régime sur l'évacuation gastrique : repas à base d'amidon (A), repas à base de glucose (B).

III — Influence du pH

Si nous remplaçons l'eau du repas par une solution tampon citrate (pH : 2,6) abaissant le pH de notre régime standard de 6,5 à 4, on constate qu'il se produit une légère accélération du transit (fig. 10), mais en aucun cas nous n'observons de spasme du pylore lors de l'arrivée des bols alimentaires dans le duodénum bien que le pH de ces bols se maintienne entre 5 et 2. Une solution d'acide chlorhydrique $\frac{N}{20}$ (pH : 3,5) introduite dans le duodénum ne bloque pas la vidange stomacale pendant la phase initiale.

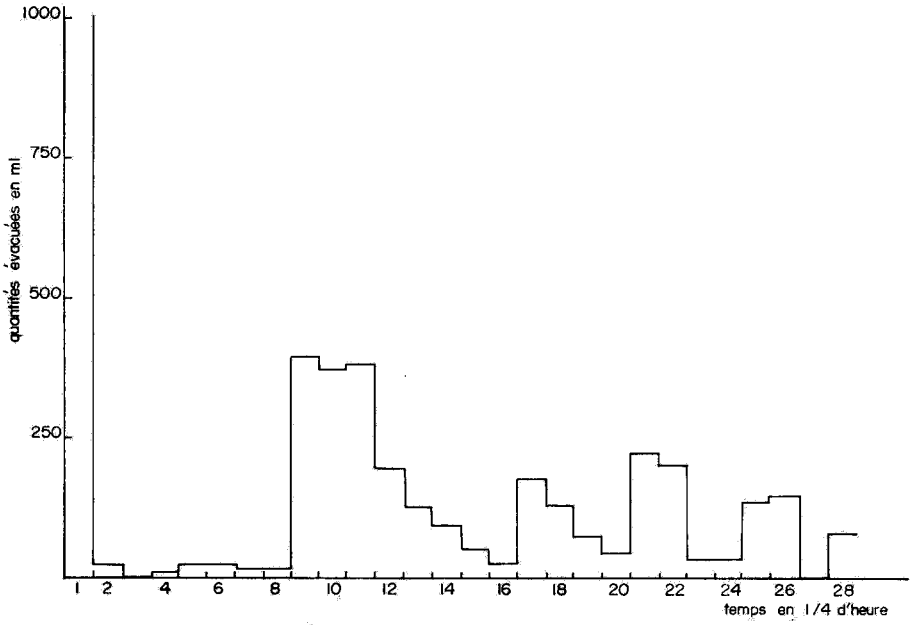


FIG. 10. — Évacuation d'un repas dont l'eau a été remplacée par une solution tampon citrate : pH 2,6

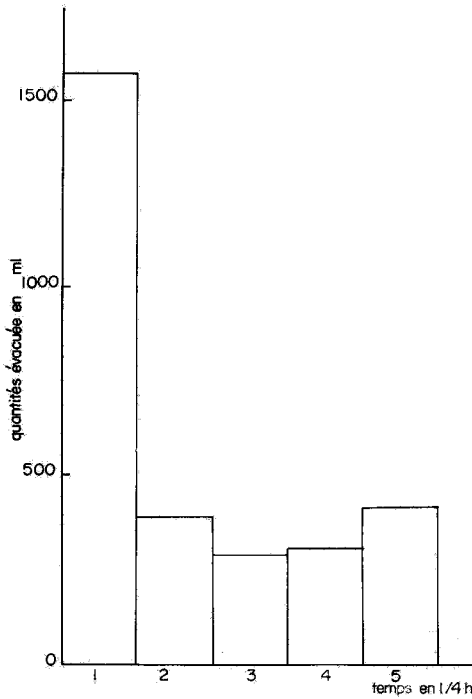


FIG. 11. — Évacuation d'un repas constitué de 1850 ml de lait écrémé

IV — *Influence de la consistance du régime sur la vidange gastrique*

Si on sépare les deux constituants du repas en fournissant d'abord la farine puis l'eau, on constate d'abord une évacuation des sécrétions et des résidus des repas précédents, puis des solides ingérés sous forme d'une pâte très consistante ; mais dès que l'eau est ingérée, elle est évacuée très rapidement. De même, un repas liquide tel que le lait écrémé est évacué dans le duodénum en moins de 60 minutes (fig. 11).

Il n'est pas possible en raison de la taille des canules d'utiliser des aliments grossiers.

V — *Influence des aliments contenus dans l'intestin grêle sur la vidange gastrique*

Deux porcs munis de fistules duodénales sont utilisés simultanément. Après ingestion d'un repas, les effluents gastriques de l'un des porcs sont prélevés ; ils sont réinjectés dans le duodénum du deuxième porc qui est alimenté à son tour. On constate alors, soit un ralentissement du transit, soit l'absence de toute évacuation. L'effet obtenu pour un volume donné de repas ingéré est d'autant plus marqué que la quantité de contenus réintroduite est plus importante et que ces contenus ont séjourné plus longtemps dans l'estomac.

DISCUSSION

Nous discuterons les différents résultats obtenus après les avoir rappelés brièvement.

A — *Du point de vue méthodologique*

La difficulté principale rencontrée lors de l'utilisation des fistules permanentes réside dans l'apparition de fuites autour des canules. Ces fuites provoquent une irritation cutanée rendant le porc agité et entraînent une vidange lente mais continue de l'estomac en dehors des prélèvements. Or, le transit d'un repas est influencé par les reliquats stomacaux du repas précédent.

La technique d'enregistrement de la motricité au moyen de fins ballonnets est très intéressante. Les ballonnets sont placés dans la paroi du tube digestif et non dans sa lumière évitant ainsi toute stimulation nerveuse ; de plus, les enregistrements obtenus sont très localisés.

Les enregistrements de la motricité avant et après la mise en place des canules sont similaires. Mais les variations journalières qui sont parfois importantes masquent les perturbations dues à la présence des fistules. Quant aux techniques de réinjection des contenus stomacaux dans le duodénum, elles sont susceptibles de modifier beaucoup l'allure du transit gastro-intestinal. Ces contenus doivent être réintroduits dans l'intestin au fur et à mesure de leur récolte et à la même vitesse.

B — *Allure générale du transit*

Le transit gastro-intestinal n'est pas un phénomène continu puisque l'on observe sur la période de temps considéré deux phases bien nettes. HUNT et McDONALD (1954) qui, chez l'Homme, aspiraient à l'aide de sondes, les contenus stomacaux à différents intervalles de temps après ingestion de repas liquides, observaient également plusieurs phases dans la vidange gastrique. Cependant, HUNT et SPURRELL (1951) concluaient à une allure exponentielle de la vidange stomacale. Toutefois, les résultats de ces auteurs ont été repris récemment dans leur laboratoire par HOPKINS (1966) qui donne une nouvelle expression mathématique non exponentielle du transit gastrique.

Si on exprime les résultats sous forme de moyennes, on obtient des courbes d'évacuation relativement simples, mais qui ne correspondent pas au transit réel. En effet, il y a des variations individuelles et journalières importantes.

C — *Rôle du pylore et de la motricité*

L'introduction dans le duodénum d'aliments variés ou de chyme stomacal entraîne la disparition rapide de toute motilité du pylore, mais aussi de celle des régions prépyloriques et mêmes antrales. L'inhibition réflexe de la motricité à point de départ intestinal n'est donc pas limitée au pylore. De plus, cet effet est beaucoup plus difficile à obtenir lorsque l'estomac est en état de réplétion.

Ces faits sont en accord avec ceux de FRUMIN (1942) qui constata que l'introduction dans le duodénum d'une solution d'acide chlorhydrique à 0,5 p. 100 inhibait les contractions gastriques. Des résultats similaires furent obtenus à l'aide de techniques différentes chez le Chien non anesthésié par THOMAS (1931), CRIDER et THOMAS (1937), QUIGLEY et al. (1942).

ALVAREZ (1948), lors de nombreuses observations radiologiques, constatait parfois une absence de motricité au niveau du pylore et des régions prépyloriques alors que les contractions étaient bien marquées dans les autres territoires de l'estomac. Une compression gastrique était accompagnée d'un départ de chyme vers l'intestin.

Tous ces auteurs concluaient à un relâchement et non à une contraction du sphincter pylorique.

Ajoutons que dès 1897, Von MERING constatait que la résection du pylore chez le Chien ne modifiait pas l'évacuation gastrique de liquides variés et que celle-ci se produisait toujours d'une manière intermittente. Par la suite, ceci s'est trouvé confirmé par de nombreux auteurs.

Nous avons vu que, chez le Porc, l'évacuation d'un repas était accompagnée de vagues de contractions au niveau du pylore et des régions gastriques voisines et également au niveau du bulbe duodénal. Toute dissociation dans cette coordination motrice entraîne une inhibition de la vidange de l'estomac. Toutefois, au début du repas, l'estomac évacue environ 5 p. 100 du volume ingéré sans que l'on observe de motilité au niveau du pylore. Pendant cette période si l'amplitude des contractions est faible au niveau de l'estomac, par contre, il se produit une augmentation de tonus importante de la musculature stomacale. Il semblerait alors que la vidange stomacale se fasse en partie sous l'action d'une systole générale de l'estomac.

Ce fonctionnement unitaire de l'antrum, du pylore et du duodénum a été observé depuis plusieurs années par de nombreux physiologistes et radiologistes. Ces constatations avaient conduit QUIGLEY et THOMAS à assimiler l'estomac et le duodénum à une pompe. Dans cette conception, les vagues de contraction péristaltiques provoquent des gradients de pression entre les deux organes, ce qui entraîne la vidange du chyme stomacal.

Nos études, qui confirment les faits apportés par d'autres auteurs, tendent à montrer que le pylore joue un rôle secondaire dans le contrôle de la vidange gastrique et que ce contrôle s'exercerait surtout par des modifications du péristaltisme gastroduodénal.

D — *Facteurs qui interviennent dans la régulation de la vidange gastrique*

Deux d'entre eux jouent un rôle important : ce sont le volume et la nature de l'aliment.

a) *Influence du volume et de la nature de l'aliment.*

Pendant la phase initiale, le passage de quantités importantes de contenus dans le duodénum entraîne un ralentissement de la vidange stomacale, mais le volume nécessaire pour provoquer ce ralentissement est variable. Il suffit de rappeler à cet égard l'influence du volume ingéré sur les quantités évacuées.

De plus, l'introduction anticipée de nourriture dans l'intestin grêle exerce une action plus ou moins importante sur l'estomac selon son volume, mais aussi selon le volume du repas ingéré. Pendant cette phase, la régulation de la vidange gastrique serait conditionnée essentiellement par des facteurs physiques, résultant du rapport entre les volumes présents dans l'estomac qui le stimulent et le volume des contenus dans l'intestin, lesquels provoquent sa distension mettant en jeu des mécano-récepteurs. Le freinage de l'évacuation stomacale par les contenus arrivant dans l'intestin se manifeste par une baisse progressive du tonus et de l'amplitude des contractions au niveau de l'estomac.

C'est lorsque l'équilibre est réalisé entre les effets produits au niveau de l'estomac et ceux produits au niveau de l'intestin que commence la deuxième phase de vidange.

L'importance du facteur volume est déjà une idée ancienne (LUDIN, MORITZ, KATSCH, 1912 ; COHNHEIM et REYFUS, 1908) et a été bien développée par HUNT et SPURRELL (1951).

Pendant la deuxième phase, les aliments vont subir un début de digestion dans l'estomac. Pendant cette action chimique se produisent des sécrétions importantes qui augmenteront le volume des contenus stomacaux. Simultanément, au niveau de l'intestin, se dérouleront des processus de digestion et d'absorption. On assistera alors à un déséquilibre en faveur de l'estomac entre l'effort propulsif développé à son niveau et les inhibitions d'origine intestinale. L'arrivée dans le duodénum d'un chyme stomacal, dont la constitution chimique dépend de la nature du repas ingéré, entraînera une nouvelle inhibition du transit gastro-intestinal. Ceci explique les émissions cycliques caractéristiques décrites au cours de la deuxième phase.

b) *Influence du pH.*

Les différentes valeurs du pH au cours du transit d'un repas, l'utilisation de repas tamponnés, tendent à prouver que le pH joue dans la vidange gastrique un rôle secondaire en regard des facteurs précédents. Ceci confirme une idée ancienne (LINTVAREFF, 1903), et des auteurs comme THOMAS chez le Chien (1940), BERK, THOMAS et REYFUS chez l'Homme (1942) ont montré que l'acidité des contenus est rarement suffisante pour affecter la vidange stomacale. Rappelons que pendant la phase initiale, l'introduction dans le duodénum d'une quantité importante d'une solution d'acide chlorhydrique ne ralentit pas la vidange de l'estomac en état de réplétion.

En résumé, la vidange gastrique chez le Porc est très précoce et présente deux phases bien distinctes :

— *Une phase initiale*, pendant laquelle les aliments ne font que transiter au niveau de l'estomac.

Pendant cette phase 10 à 15 p. 100 de la matière sèche ingérée pénètre dans l'intestin grêle ne subissant pas l'action du suc gastrique.

— *Une deuxième phase* avec émission discontinue des contenus stomacaux. La digestion se déroulera alors au niveau stomacal et au niveau intestinal.

Ainsi la vidange gastrique est discontinue et son expression ne saurait être assimilée à une courbe exponentielle.

Pendant cette phase, une quantité très importante de sécrétions est recueillie à la sortie de l'estomac. Dans les conditions physiologiques, le pylore semble jouer un rôle secondaire dans le contrôle de l'évacuation gastrique bien qu'il soit susceptible d'avoir son autonomie par rapport aux régions gastriques et duodénales voisines.

La régulation de la vidange stomacale par l'intestin se ferait essentiellement par les modifications de la motricité du pylore et des différents segments de l'estomac.

Loin de contrôler le transit gastro-intestinal, le pH n'interviendrait que pour une faible part dans sa régulation.

Reçu pour publication en mars 1967.

SUMMARY

SOME ASPECTS OF GASTRO-INTESTINAL FLOW IN THE PIG

The dynamic and quantitative aspects of gastro-intestinal transport were studied by means of appropriate fistulas according to PHILLIPSON's technique (1952) adapted to the pig. Simultaneously, the motility of pylorus and adjacent parts of stomach and duodenum were studied by means of a special balloon technique.

This investigation was carried out on 385 experiments on 30 *Large White* pigs weighing 50 to 70 kg.

The fistula method showed that gastric emptying proceeds quickly at a high rate : within 15 mn, 30 to 40 per cent digesta had passed out to the duodenum. This considerable flow induced then an intermittent outpour of gastric effluents. Thus, gastric emptying shows 2 stages which cannot be reduced to an exponential function (fig. 1).

These findings are not in accordance with those obtained with other species by means of other methods of studying gastro-intestinal flow (radiographic, slaughtering technique and aspiration of stomach contents at different lapses of time after the ingestion).

The influences of the amount and composition of the diet were studied. A linear relationship exists between the ingested and emptied amounts during the first stage of the stomach emptying (fig. 8).

Pyloric mechanisms were investigated. During the stomach emptying, there was a single motive activity in the pylorus and adjacent muscles (antrum and duodenum). However, this coordination no longer exists during the meals, as the relaxation of pylorus shows it (fig. 5). During this time, 5 per cent only of the ingested volume evacuated the stomach. Any introduction of food or chyme into the duodenum induces an inhibitory response of the pylorus and adjacent muscles, even of the whole stomach (fig. 6 and 7). These facts incline us to the view that the pylorus only plays a secondary role in the regulation of gastric emptying. The prominent part would be played by alterations in motivity in the pyloric area and adjacent parts of the alimentary tract.

The pH of chyme does not seem to play a considerable part in the regulation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALVAREZ W. C., 1948. An introduction to gastroenterology. Hoeber, N. Y.
- ASH R. W., 1962. Gastro-intestinal re-entrant cannulae for studies of digestion in sheep. *Anim. Prod.*, **4**, 309-312.
- BERK J. E., THOMAS J. E., REHFUSS M. E., 1942. The reaction and neutralizing ability of the contents of the pyloric antrum and first part of the duodenum in normal dogs following an Ewald meal. *Am. J. Physiol.*, **136**, 157-166.
- COHNHEIM O., DREYFUS G. L., 1908. Zur physiologie und pathologie der Magenverdauung. *Ztschr. Physiol. Chemie.*, **58**, 50-83.
- CRIDER J. O., THOMAS J. E., 1937. A study of gastric emptying with the pylorus open. *Am. J. Dig. Dis.*, **4**, 295-300.
- CUNNINGHAM H. M., FRIEND D. W., NICHOLSON J. M. G., 1962. Note on a re-entrant fistula for digestion studies with pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, **42**, 112-113.
- CUNNINGHAM H. M., FRIEND D. W., NICHOLSON J. M. G., 1963. Observations on digestion in the pig using a re-entrant intestinal fistula. *Can. J. Anim. Sci.*, **43**, 215-225.
- FRUMIN Z. D., 1942. On the evacuation process of the stomach. *Russian J. Physiol., Biol. Abstr.*, **16**, 853.
- HARRIS L. E., PHILLIPSON A. T., 1962. The measurement of the flow of food to the duodenum of sheep. *Anim. Prod.*, **4**, 97-116.
- HOGAN J. P., PHILLIPSON A. T., 1960. The rate of flow of digesta and their removal along the digestive tract of sheep. *Brit. J. Nutr.*, **14**, 147-156.
- HOPKINS A., 1966. The pattern of gastric emptying : a new view of old results. *J. Physiol.*, **182**, 144-149.
- HUNT J. N., SPURRELL W. R., 1951. Pattern of emptying of human stomach. *J. Physiol.*, **113**-157.
- HUNT J. N., MAC DONALD J., 1954. The influence of volume on gastric emptying. *J. Physiol.*, **120**, 459-474.
- KATSCH G., 1912. Beitrag zum studium magenmotilität. *Int. Beitr. Path. Ther. Ernähr. Stör.*, **3**, 429-454.
- LINTVAREFF S. I., 1903. Ueber die Rolle der fette beim Übergang des Mageninhalts in den Darm. *Biochim. Zbl.*, **1**, 96-97.
- MERING J. Von., 1897. *Zur Funktion des Magens. Verhandl. Kong. inn. Med.*, **15**, 433-440.
- PHILLIPSON A. T., 1952. The passage of digesta from the abomasum of sheep. *J. Physiol.*, **116**, 84.
- QUIGLEY J. P., LOUCKES H. S., 1962. Gastric emptying. *Amer. J. Dig. Dis.*, **7**, 672.
- RÉRAT A., LOUGNON J., 1963. Études sur le transit digestif chez le Porc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, n° hors-série, 1, 21-29.
- THOMAS J. E., 1931. The mechanism of gastric evacuation. *J. Am. Med. Ass.*, **97**, 1663-1668.
- THOMAS J. E., 1940. The maximal acidity of the intestinal contents during digestion. *Am. J. Dis.*, **7**, 195-197.
- THOMAS J. E., 1957. Mechanics and regulation of gastric emptying. *Physiol. Rev.*, **37**, 453.