

RÉSECTION INTESTINALE CHEZ LE PORC

I. — OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES

J.-P. LAPLACE

avec la collaboration technique de A. GAYE et C. GERMAIN

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

RÉSUMÉ

Les effets d'une résection partielle (4 m) d'intestin grêle, en région proximale ou distale, par rapport à ceux de l'opération fictive (double transection), ont été étudiés chez 40 porcs *Large White* mâles castrés.

La croissance et la consommation ont été contrôlées de l'opération (30-50 kg) jusqu'à l'abattage (80-100 kg). Les modifications morphologiques de l'ensemble du tractus digestif ont été mesurées (poids frais de l'estomac et des divers segments de l'intestin grêle lavés). L'hypertrophie de l'intestin restant (augmentation du poids par unité de longueur) est observée dans tous les cas pour l'ensemble du grêle lors de résection. Elle est beaucoup plus faible lors d'opération fictive. Cette hypertrophie est plus intense en amont d'une résection proximale, ou en aval d'une résection distale. Lors de l'abattage, le poids de la masse intestinale totale vide par rapport au poids vif, est rétabli à l'égal des témoins. L'évolution de l'indice de consommation, surtout lors de résection distale, et l'existence d'une amélioration de la rétention azotée entre le 15^e et le 30^e jour suggèrent l'existence d'un changement d'efficacité de l'intestin, précédant le développement de l'hypertrophie.

INTRODUCTION

L'utilisation de la résection intestinale en particulier d'intestin grêle, relève d'une part de la thérapeutique chirurgicale, d'autre part de l'étude expérimentale des sites d'absorption. Dans ce dernier domaine, la mesure de l'absorption intestinale après résection de tel ou tel segment, constitue une méthode courante de recherche de la localisation des sites d'absorption (BOOTH, 1967). Cette technique est pourtant aléatoire si l'on rappelle les possibilités d'adaptation de l'intestin grêle lorsqu'on réduit sa surface.

LORAN *et al.* (1957), comparant chez le Rat les effets d'une résection partielle du grêle, d'une simple transection et d'une laparotomie, observent une forte hypertrophie de l'intestin restant après résection partielle (augmentation du poids frais et du poids sec de tissu intestinal). La simple transection ne provoque qu'une légère augmentation de poids de l'intestin, alors que la laparotomie s'accompagne d'une perte de tissu intestinal. L'hypertrophie observée après résection est associée à une augmentation de l'activité cholinestérasique de l'intestin, des érythrocytes et du plasma. Selon ces auteurs, le choc opératoire de l'opération fictive entraîne une perte de tissus, alors que la transection et plus encore la résection déclenchent un mécanisme de restauration tissulaire, dont ils avaient observé antérieurement la conséquence sous l'aspect d'un élargissement de l'intestin grêle (LORAN *et al.* 1956). Cet accroissement du calibre intestinal, parfois explicable par une dilatation, est surtout le fait d'un épaississement des couches muqueuse et musculuse (BOOTH *et al.*, 1959).

Par la suite, KNUDTSON *et al.* (1962) étudient chez le Chien les composantes de cet épaississement de la muqueuse après résection de 80 p. 100 de l'intestin grêle. Ils ne constatent aucune augmentation de la hauteur des villosités, mais observent, par contre, un taux de renouvellement cellulaire accru et une hyperplasie de la bordure épithéliale. PORUS (1965) obtient chez l'Homme des résultats similaires par l'étude de résections de 50 à 80 p. 100 de l'intestin grêle : la hauteur des villosités n'est jamais modifiée, mais le nombre de cellules épithéliales par unité de longueur de villosité est accru dans le cas de résections de 75 et 80 p. 100. DOWLING *et al.* (1966) apporte une information contradictoire en affirmant une augmentation significative de la hauteur des villosités après résection d'un segment distal d'intestin grêle chez l'Homme. Cette modification morphologique est associée à une légère, mais réelle, augmentation de l'absorption du glucose.

S'il existe encore nombre d'autres travaux, parfois contradictoires, concernant les répercussions morphologiques, fonctionnelles ou nutritionnelles, de résections partielles ou extensives de tel ou tel segment de l'intestin grêle, aucune information de cet ordre n'est disponible dans le cas du Porc, à l'exception du travail de McCANCE *et al.* (1967). En définitive, l'intérêt d'une telle étude est double : pour la connaissance des sites d'absorption et des mécanismes de la fonction nutritionnelle du porc, mais aussi du fait de l'intérêt du porc comme modèle en gastro-entérologie humaine.

Notre but dans ce travail est de recueillir un certain nombre d'informations préliminaires concernant la morphologie macroscopique des viscères digestifs, la croissance pondérale et la consommation alimentaire d'animaux soumis à une résection limitée d'un segment proximal ou distal de l'intestin grêle.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Quarante porcs mâles castrés de race *Large White* ont été utilisés au total, répartis en 7 groupes de 4 ou 8 animaux.

1. Traitements expérimentaux

Le principe d'une résection limitée a été adopté. La longueur de la résection est fixée à 4 mètres chez des sujets de 30 à 35 kg, soit environ un tiers de la longueur totale du grêle (10 à 12 m). Cette longueur résequée a été portée à 6 m pour les animaux opérés à 50-55 kg. Deux sites de résection ont été choisis : l'un au niveau du jéjunum proximal, immédiatement en aval

de l'angle de Treitz ; l'autre en région iléale distale, immédiatement en amont du ligament iléo-cæcal. Dans les deux cas, ont été réalisées des opérations fictives. Elles ont consisté en une double transection intestinale, figurant les limites des résections, suivie de restauration immédiate. La réalisation de témoins-laparotomie a été exclue de ce travail.

Les types expérimentaux sont donc au nombre de 5 :

- Résection jéjunum proximal, dits réséqués hauts (R. H.)
- Résection iléon distal, dits réséqués bas (R. B.)
- Opération fictive sur jéjunum, dits fictifs hauts (F. H.)
- Opération fictive sur iléon, dits fictifs bas (F. B.)
- Témoins normaux (T. N.)

2. Schéma expérimental

Les 40 animaux ont été répartis en groupes, soit de 4 animaux affectés, à l'intérieur du groupe, à des interventions exclusivement au niveau du site d'intestin proximal ou distal, soit de 8 animaux (groupes dits mixtes, comprenant des interventions aux deux niveaux). Leur composition détaillée figure dans le tableau 1, chacun comportant ses propres témoins et opérés fictifs.

TABLEAU I
Nature des traitements expérimentaux
entrant dans la composition des différents groupes d'animaux
(pour les abréviations, voir dans le texte)

N° du groupe	Nature	RH	FH	RB	FB	TN	Total
1	Mixte	2	1	2	1	2	8
2	Résection basse	—	—	2	1	1	4
3	Résection basse	—	—	2	1	1	4
4	Résection haute	2	1	—	—	1	4
5	Résection haute	2	1	—	—	1	4
6	Mixte	2	1	2	1	2	8
7	Mixte	2	1	2	1	2	8
		10	5	10	5	10	40

Tous les animaux ont été placés en loges individuelles. Seuls ceux des groupes II et IV on au préalable séjourné dans des cages de digestibilité en vue de la collecte intégrale des urines et de fèces. Dans ce cas particulier, le schéma adopté comporte, après accoutumance à la cage (trois semaines), deux périodes de collecte pré-opératoire de 6 jours, et deux autres post-opératoires de même durée, intervenant au-delà du 14^e jour après l'opération. Les animaux retournent ensuite en porcherie.

Le poids à l'opération et le poids d'abattage sont variables dans le but de saisir une éventuelle différence de réponse.

Les divers lots ont été sacrifiés au bout d'un délai compris entre 70 et 110 jours. Seuls les animaux du groupe VII ont été abattus à un poids constant de 81 kg. Le poids moyen des animaux des différents lots figure dans le tableau 2.

L'alimentation est, pour tous les animaux, définie par la composition centésimale suivante :

Orge	50	Farine de poisson	7
Blé	10	Lait en poudre	5
Maïs	15	Sucre roux	5
Tourteau arachide	5	Minéraux	3 ⁽¹⁾
		Vitamines en sus ⁽²⁾	

⁽¹⁾ Mélange minéral (en p. 100) : Phosphate bicalcique, 20 ; craie broyée, 50 ; sel marin, 20 ; carbonate de magnésium léger, 7,73 ; sulfate ferreux 7 H₂O, 1,00 ; sulfate de manganèse H₂O, 0,60 ; sulfate de cuivre 5 H₂O, 0,15 ; sulfate de zinc, 0,50 ; sulfate de cobalt 7 H₂O, 0,01 ; iodure de potassium, 0,01.

⁽²⁾ Mélange vitaminique (quantités par kg de régime) : Vit. A, 4 000 UI ; vit. D₃, 1 000 UI ; riboflavine, 2 mg ; pantothénate de Ca, 5 mg ; acide nicotinique, 10 mg ; choline, 100 mg ; vit. B₁₂, 0,01 mg.

TABLEAU 2

Caractéristiques pondérales des groupes expérimentaux
au moment des principales étapes de l'expérimentation,
et âge moyen du groupe lors de l'opération

Poids moyen des animaux du groupe (en kg), lors de :	I	II	III	IV	V	VI	VII
Mise en lot	40,7	21,5	42,5	19,6	20,6	19,7	23,3
Étude de digestibilité pré-opératoire { Début	—	28,9	—	29,7	—	—	—
{ Fin	—	36,3	—	35,6	—	—	—
Opération	50,1	36,3	52,7	36,4	29,0	29,1	30,7
8 ^e jour après opération	51,8	36,5	51,5	38,7	35,2	31,0	30,7
Étude de digestibilité post-opératoire { Début	—	39,7	—	38,7	—	—	—
{ Fin	—	46,5	—	45,7	—	—	—
Abattage	84,0	86,0	83,7	89,0	85,0	98,5	81,0
Age à l'opération (en jours).	140	101	148	95	91	101	103

Ce type d'aliment, conservé pour la totalité de la période expérimentale, a été distribué en méthode *semi ad-libitum* ; la quantité est fournie en trois fois dans la journée.

3. Technique opératoire

Avant l'opération, les animaux sont soumis à un jeûne complet de 24 heures. L'anesthésie est réalisée d'emblée et entretenue au masque par un mélange gazeux (oxygène-protoxyde d'azote) barbotant à volonté dans le penthrane (R) (méthoxy-flurane).

La voie d'abord est légèrement différente selon le site intestinal recherché :

- sous-costale lors de résection ou opération fictive hautes ;
- abdominale (creux du flanc) lors de résection ou opération fictive basses.

Après définition des limites de la résection à obtenir par mensuration (voir ci-après les problèmes particuliers posés par la mensuration de l'intestin) on procède à la ligature des vaisseaux mésentériques. L'absence d'arcades dans le mésentère du porc, suppléée par un éventail d'innombrables vaisseaux presque rectilignes, allonge quelque peu le temps d'hémostase par rapport à d'autres espèces. La ligature en masse de tout le pédicule mésentérique s'étant révélée, au cours d'essais préalables, particulièrement choquante, nous lui avons préféré une hémostase par faisceaux successifs correspondant à une longueur d'environ 12 cm au bord mésentérique de l'intestin. La section du mésentère est alors effectuée à environ 2 cm du bord de l'intestin. La continuité digestive est restaurée par anastomose termino-terminale réalisée à la soie n° 0, puis la brèche mésentérique est refermée (soie 0). Dans le cas d'opération fictive, la double section intestinale et les incisions mésentériques correspondantes (5 cm de long) sont restaurées par une double anastomose termino-terminale et quelques points sur le mésentère (soie 0). Dans tous les cas, la durée de l'intervention est d'environ 90 minutes.

Le jeûne complet est maintenu durant 24 heures, puis une réalimentation progressive ramène en 8 jours les animaux à leur niveau d'ingestion initial. Les soins post-opératoires comportent l'administration de bipénicilline et didromycine à raison de, respectivement, 1 M UI et 1 g (le 1^{er}, 2^e et 4^e jour). Aucun incident fébrile n'a été observé.

4. Mensuration de l'intestin

Per-opératoire.

L'élasticité du tissu intestinal et ses remarquables propriétés contractiles rendent très aléatoire une mesure de longueur ou de calibre. De plus, la vacuité ou la réplétion sont à elles seules la cause de changements tensionnels importants de la musculature intestinale, susceptibles de

modifier une longueur de près de 50 p. 100 de sa valeur initiale. Un jeûne complet de 24 heures n'exclut pas absolument l'éventualité de la persistance de matériaux alimentaires dans des segments limités du grêle, notamment en région distale. Enfin l'anesthésie opératoire n'élimine pas la contractilité intestinale.

En conséquence, il est exclu d'obtenir une très grande précision de mesure de la longueur d'intestin résequée. On peut cependant estimer que la rétraction totale de 4 m d'intestin relâché amène ce segment à une longueur de 2,50 m soit une réduction de 1,50 m. Sur cette base, il semble qu'en moyenne, on peut admettre un degré de contraction d'environ 30 p. 100, et que l'erreur absolue de nos mesures se situe alentour de 10 p. 100.

En pratique, la mesure est effectuée au moyen d'une cordelette de nylon tressé stérile de la longueur souhaitée, à mi-distance des bords mésentérique et anti-mésentérique de l'intestin.

Post-mortem.

La totalité des viscères digestifs (estomac, intestin grêle et gros intestin) est recueillie immédiatement après la saignée précédée d'une anesthésie électrique. Le tube digestif est libéré de son mésentère, par section au ras de l'estomac ou de l'intestin. La mesure de la longueur de l'intestin frais, non vidé, est effectuée segment par segment par étalément sur une surface graduée.

La bonne reproductibilité de la manipulation permet une comparaison valable entre les divers types expérimentaux. Les mesures effectuées dans ces conditions pour l'intestin grêle sur nos sujets témoins, sont un peu supérieures à celles fournies par CLAUSEN *et al.* (1963) obtenues sans précaution spéciale. Mais elles sont légèrement supérieures à celles de VODOVAR *et al.* (1964) obtenues dans des conditions d'équilibre de pression reproduisant autant que possible celles de l'intestin détendu.

5. *Données recueillies*

La croissance pondérale est appréciée par pesée hebdomadaire. La consommation alimentaire réelle de matière sèche est déterminée par la mesure des refus et de leur teneur en matière sèche.

L'appréciation des modifications morphologiques du tube digestif est obtenue par la mesure de longueur d'une part, par la pesée des viscères frais après lavage minutieux et expulsion du mucus, suivis d'essorage. Ces mesures de longueur et de poids sont effectuées pour l'estomac (pesée seule) d'une part, et pour les 6 segments intestinaux définis selon le découpage de la figure 1, c'est-à-dire :

— dans le cas des lots résection haute (fig. 1-A).

Intestin grêle $\left\{ \begin{array}{l} 1 : \text{en amont du site de la résection} \\ 2 : \text{équivalent de la résection haute chez les témoins et les opérés fictifs} \\ \quad (4 \text{ m}) \\ 3 : \text{En aval du site de la résection} \end{array} \right.$

— dans le cas des lots résection basse (fig. 1-B)

Intestin grêle $\left\{ \begin{array}{l} 1 : \text{en amont du site de la résection} \\ 2 : \text{équivalent de la résection basse} \\ 3 : \text{en aval du site de la résection} \end{array} \right.$

— pour le gros intestin : cæcum, côlon hélicoïdal, côlon terminal et rectum.

Dans le seul cas des animaux du groupe I, les segments 1 et 2 (lors de résection haute) ou 2 et 3 (lors de résection basse) n'ont pas été séparés, et le gros intestin a été mesuré et pesé d'une seule pièce.

Les mesures de longueur et de poids permettent de définir la « densité linéaire » d'un segment, c'est-à-dire son poids par unité de longueur exprimé en mg par cm. On calcule également les poids relatifs d'intestin grêle et de gros intestin, en p. 100 du poids vif à l'abattage.

Les divers résultats obtenus ont été comparés par le test de la différence des moyennes, du fait de la forte variabilité expérimentale, et du faible nombre (non constant) d'animaux de chaque type.

En effet, le coefficient de variation du poids vide de l'intestin (grêle ou gros intestin) atteint 16 p. 100 sur une population de porcs de 100 kg (coefficient de variation du poids vif, 1 p. 100).

En ce qui concerne les groupes II et IV, les critères de digestibilité retenus sont les suivants :

— coefficients d'utilisation digestive apparente (CUD) de la matière sèche et de la matière organique

de l'azote $\frac{(\text{azote ingéré} - \text{azote fécal})}{\text{azote ingéré}} \times 100$, soit $\frac{\text{azote absorbé}}{\text{azote ingéré}} \times 100$

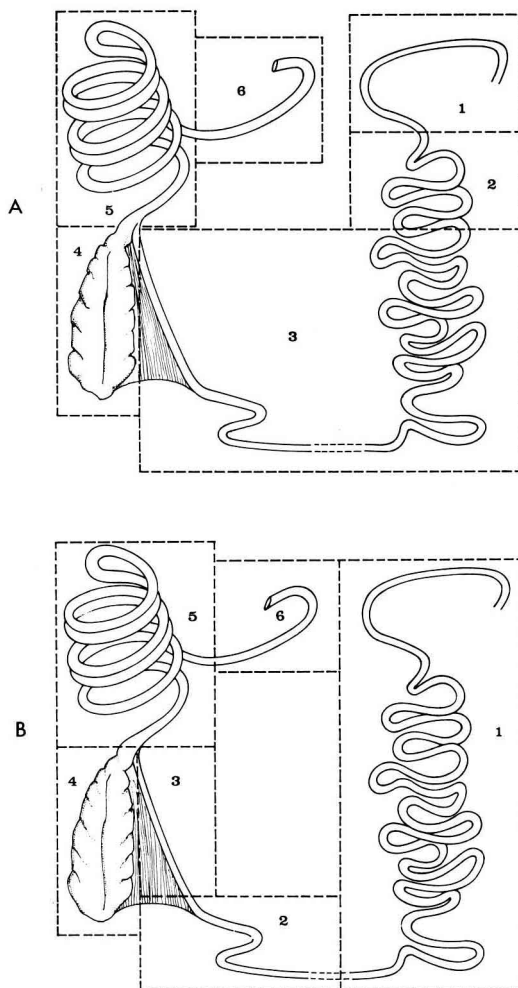


FIG. 1. — Représentation schématique du découpage utilisé pour les mensurations intestinales, en A dans le cas des animaux des groupes « résection haute », en B dans le cas des animaux des groupes « résection basse »

— coefficient d'utilisation pratique de l'azote (CUP)

$$\frac{(\text{azote ingéré} - \text{azote fécal}) - \text{azote urinaire}}{\text{azote ingéré}} \times 100, \text{ soit } \frac{\text{azote métabolisable}}{\text{azote ingéré}} \times 100$$

— coefficient de rétention azotée (C. R. A.)

$$\frac{(\text{azote ingéré} - \text{azote fécal}) - \text{azote urinaire}}{\text{azote ingéré} - \text{azote fécal}} \times 100, \text{ soit } \frac{\text{azote métabolisable}}{\text{azote absorbé}} \times 100$$

Les méthodes d'étude de la digestibilité utilisées ici, sont celles décrites par HENRY *et al.* (1966).

RÉSULTATS

Les données recueillies pour le groupe I seront présentées indépendamment des autres en raison du caractère incomplet du découpage appliqué à l'intestin. Les résultats de ces animaux seront cependant, pour l'analyse de croissance-consommation, regroupés avec ceux des sujets des autres lots pour les calculs de moyennes.

I. Observations générales d'ordre clinique et nécropsique

La tolérance des interventions a été excellente pour la totalité des animaux, et aucun incident fébrile n'a été observé. Il apparaît cependant que les animaux soumis à une résection haute et plus encore à l'opération fictive haute retrouvent moins rapidement leur niveau d'ingestion pré-opératoire et leur comportement naturel.

Quelques adhérences de faible importance ont été occasionnellement observées, soit au péritoine pariétal, soit entre les anses intestinales. Ce dernier phénomène est surtout le fait de l'opération fictive.

Aucune des anastomoses termino-terminales n'a provoqué le moindre étranglement de la lumière susceptible de provoquer une dilatation en amont. L'apparition d'un cas d'ulcère gastro-œsophagien érodé doit être mentionné comme phénomène occasionnel.

TABLEAU 3

Résultats généraux de croissance et consommation des animaux du groupe I

Période d'observation	RH ₁ *	RH ₂	FH	TN ₁	TN ₂	FB	RB ₁	RB ₂
	<i>Gain moyen quotidien (g)</i>							
De 51 à 65 kg	653	565	634	403	500	615	596	600
De 51 à 84 kg	770	666	750	625	604	708	729	708
	<i>Consommation moyenne quotidienne (g) **</i>							
De 51 à 65 kg	1 657	1 715	1 838	2 042	1 838	1 811	1 815	1 803
De 51 à 84 kg	2 057	2 003	2 047	2 138	2 055	2 041	2 036	2 007
	<i>Indice de consommation **</i>							
De 51 à 65 kg	2,53	3,03	2,89	5,05	3,67	2,94	3,04	3,00
De 51 à 84 kg	2,66	3,00	2,72	3,42	3,40	2,88	2,79	2,83

* Le numéro placé en indice permet de suivre un animal pour les diverses données recueillies

** Valeurs calculées sur la base de la matière sèche ingérée.

2. Observations particulières au groupe I

Les résultats généraux de croissance et consommation figurent dans le tableau 3. Il apparaît une différence marquée entre les sujets témoins et les opérés, particulièrement sensible sur le gain de poids dans le cas d'intervention (réelle ou fictive) en région proximale, sans modification apparente de l'ingestion. De ce fait, le classement à l'indice de consommation s'établit comme suit du plus faible au meilleur rendement :

$$\overline{\text{TN}} = 3,41 ; \overline{\text{FB}} = 2,88 ; \overline{\text{RH}} = 2,83 ; \overline{\text{RB}} = 2,81 ; \overline{\text{FH}} = 2,72$$

$$\text{Indice de consommation} = \frac{\text{Quantité totale d'aliment ingéré en kg}}{\text{Gain de poids total en kg}}$$

En ce qui concerne les modifications morphologiques du tube digestif, un certain nombre d'écarts importants apparaissent à l'examen du tableau 4, particulièrement dans le cas de l'intestin grêle. Lors de résection haute, se manifeste une hypertrophie de l'ensemble du grêle, plus importante cependant en amont du site de la résection ; lors de résection basse, seule apparaît une forte hypertrophie de l'iléon terminal, en aval du site opératoire. Ces modifications ont pour conséquence un pourcentage d'intestin grêle par rapport au poids vif nettement accru chez les réséqués hauts ($\overline{\text{RH}} = 2,515$; $\overline{\text{TN}} = 2,065$). De même, le gros intestin représente un plus fort pourcentage du poids vif chez tous les réséqués, et particulièrement les R.B. De ce fait, le rapport poids de l'intestin grêle/poids du gros intestin est nettement déséquilibré ($\overline{\text{TN}} = 1,246$; $\overline{\text{RB}} = 0,980$).

TABLEAU 4

*Poids de l'estomac et densités linéaires
des divers segments intestinaux chez les animaux du groupe I*

	Poids estomac en grammes	Densité linéaire gros intestin (mg/cm)	Densité linéaire mg/cm		
			Grêle total	segments grêle 1 et 2	Segment grêle 3
TN ₁	465	2 663	1 040	1 491	906
TN ₂	470	2 959	973	1 401	926
FH	520	2 567	1 002	1 310	903
RH ₁	527	2 983	1 226	1 611	1 203
RH ₂	525	3 308	1 443	1 509	1 438
	Estomac	Gros intestin	Grêle total	Segment grêle 1	Segments grêle 2 et 3
TN ₁	465	2 663	1 040	906	1 491
TN ₂	470	2 959	973	926	1 101
FB	390	3 234	909	868	1 050
RB ₁	470	2 887	903	877	2 400
RB ₂	570	3 317	1 058	1 647	2 200

3. Observations sur l'ensemble des groupes

Aucun fait saillant ne peut être relevé à l'observation des résultats de chacun des groupes d'animaux, qui permette de soupçonner un effet de l'âge de l'animal au moment de l'intervention, ou de la durée post-opératoire d'expérimentation.

Nous avons donc choisi de procéder à une analyse globale, tenant compte du seul facteur « type d'intervention », indépendamment d'autres facteurs expérimentaux.

a) Croissance et consommation.

Le tableau 5 rapporte les valeurs moyennes avec écart-type des principaux paramètres de croissance-consommation pour les 5 types de sujets expérimentaux, au cours de la totalité de la période expérimentale d'une part, et de la période 50-65 kg d'autre part.

TABLEAU 5

Moyennes des résultats de croissance
et consommation de l'ensemble des animaux des divers groupes expérimentaux

Période Observation	Animaux	Gain moyen quotidien		Consommation moyenne quotidienne		Indice de consommation	
		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
<i>Période totale</i>	TN	727	62	2 115	122	3,12	0,11
	RH	645	33	2 051	81	3,19	0,10
	FH	714	37	2 119	88	2,96	0,07
	RB	792	38	2 254	119	2,83	0,03
	FB	809	46	2 344	157	2,88	0,07
<i>Période 50 à 65 kg</i>	TN	724	78	2 143	74	3,17	0,26
	RH	598	34	1 958	62	3,29	0,17
	FH	624	66	2 089	82	3,50	0,39
	RB	797	58	2 187	118	2,78	0,10
	FB	853	67	2 280	126	2,69	0,09

Les résultats des comparaisons deux à deux des divers types expérimentaux pour la totalité de la période expérimentale ne révèlent guère qu'une tendance à l'amélioration du gain de poids sans modification de la consommation chez les réséqués bas, et une tendance inverse à la réduction de l'ingestion et du gain de poids chez les réséqués hauts. Aucune des différences relevées ne franchit le seuil $p = 0,30$ à l'exception de l'indice de consommation, significativement amélioré lors de résection basse ($0,05 > p > 0,02$).

La même analyse, effectuée pour la période d'observation 50-65 kg, ne met en évidence qu'une dégradation de la consommation alimentaire ($0,10 > p > 0,05$) et du gain de poids ($p = 0,10$) chez les réséqués hauts. Dans ce cas, l'indice de consommation pour la période totale est moins amélioré ($p = 0,10$) que lors de résection basse.

Si l'on examine comparativement l'évolution de l'indice de consommation chez les témoins et les réséqués bas au cours des périodes successives de la croissance 30 à 50 kg, 50 à 65 kg et 65 à 85 kg, on constate une réduction progressive de l'écart, ainsi qu'il ressort du tableau 6.

TABLEAU 6

Évolution comparée de l'indice de consommation des témoins et des réséqués bas entre 30 et 85 kg

Période d'observation	Témoins	Réséqués bas	Différence des moyennes
30-50 kg	2,81 ± 0,30	2,30 ± 0,05	0,20 > P > 0,10
50-65 kg	3,17 ± 0,26	2,78 ± 0,10	0,20 > P > 0,10
65-85 kg	3,24 ± 0,16	3,21 ± 0,11	0,50 > P > 0,40

b) Morphologie du tube digestif.

A l'instar des résultats de croissance et consommation, l'analyse des résultats de chacun des groupes en fonction de leurs caractéristiques ne met en évidence aucun phénomène remarquable. De ce fait, nous avons également procédé à une analyse globale en fonction du facteur opératoire.

L'estomac n'est pratiquement pas affecté par les diverses interventions. Par contre, en ce qui concerne l'intestin grêle, apparaissent des modifications très caractérisées. Les résultats figurent au tableau 7 qui exprime les densités linéaires en mg/cm (moyennes et écarts-types) d'une part pour l'ensemble de l'intestin grêle et du gros intestin, et d'autre part pour les divers segments de l'intestin grêle.

La densité linéaire de l'intestin grêle total est fortement accrue lors de résection haute ($0,01 > P > 0,001$). Mais cet effet est relativement moins intense en aval du site de la résection ($0,02 > P > 0,01$) alors qu'il est extrêmement marqué en amont ($0,01 > P > 0,001$) lors de résection, comme lors d'opération fictive ($P < 0,001$). Dans ce dernier cas, l'hypertrophie de la partie proximale est le seul effet important.

Dans le cas de résection basse, on observe également une hypertrophie généralisée quoique moins spectaculaire ($0,10 > P > 0,05$). Là encore, l'effet n'est très important que sur une partie limitée, située cette fois en aval du site de la résection ($P < 0,001$). C'est à ce seul et même niveau que se manifeste un effet de l'opération fictive basse ($0,10 > P > 0,05$).

La densité du gros intestin total n'est pas modifiée, l'écart le plus important n'atteignant pas le seuil 0,30. Considérés segment par segment, les résultats ne sont

pas plus nets. Tout au plus peut être indiquée une tendance à l'augmentation du poids et de la densité du cæcum et de la densité du côlon hélicoïdal, lors de résection basse.

TABLEAU 7

Moyennes générales des densités linéaires des divers segments digestifs

Densité linéaire :		Intestin grêle total et gros intestin total					
		Donnée	TN	RH	FH	RB	FB
Intestin grêle	Moyenne	879,20	1 128,50	1 008,00	1 033,70	939,60	
	Écart-type	40,46	62,15	17,54	75,94	97,33	
Gros intestin	Moyenne	2 460,30	2 597,80	2 420,40	2 649,60	2 557,60	
	Écart-type	126,30	129,21	81,38	160,42	203,68	

Parties composantes de l'intestin grêle							
Expé.	Animaux	Grêle segment 1		ERH segment 2		Grêle segment 3	
		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
R. hautes	TN	1 012,33	58,51	871,16	61,29	808,83	57,83
	RH	1 359,25	67,71	—	—	1 036,87	52,79
	FH	1 287,75	109,52	1 165,25	80,40	932,75	20,22
		Grêle segment 1		ERB segment 2		Grêle segment 3	
		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
R. basses	TN	867,50	33,62	845,00	45,68	1 279,16	76,40
	RB	984,62	48,77	—	—	2 085,50	134,35
	FB	924,00	133,13	1 006,00	110,97	1 674,25	233,64

Les poids relatifs de l'intestin grêle, du gros intestin et de la masse intestinale par rapport au poids vif figurent au tableau 8, ainsi que le rapport des poids intestin grêle.

gros intestin

Les pourcentages d'intestin grêle et de gros intestin tendent à l'augmentation lors de résection haute, mais le pourcentage global de masse intestinale n'est cependant pas significativement différent de celui des témoins. Lors de résection basse, le pourcentage d'intestin grêle est réduit alors que celui du gros intestin est accru ($0,05 > P > 0,02$) au point de déséquilibrer très significativement ($P < 0,001$) le rapport $\frac{\text{poids d'intestin grêle}}{\text{poids du gros intestin}}$ mais il est remarquable de constater que le pourcentage global de masse intestinale est maintenu à l'égal des témoins.

TABLEAU 8

Importance pondérale relative de l'intestin, en p. 100 du poids vif, et répartition des masses intestinales

Données pondérales		Animaux				
		TN	RH	FH	RB	FB
Intestin grêle en p. 100 poids vif	Moyenne	1,89	2,02	1,98	1,70	2,00
	Écart-type	0,10	0,12	0,10	0,11	0,19
Gros intestin en p. 100 poids vif	Moyenne	1,37	1,52	1,37	1,73	1,40
	Écart-type	0,09	0,09	0,08	0,13	0,15
Intestin total en p. 100 poids vif	Moyenne	3,26	3,55	3,36	3,44	3,40
	Écart-type	0,18	0,20	0,12	0,22	0,30
Intestin grêle	Moyenne	1,40	1,33	1,46	1,01	1,45
Gros intestin	Écart-type	0,05	0,05	0,12	0,06	0,11

c) Critères de digestibilité.

Sur ce point, les résultats sont très peu nombreux et l'ensemble des données recueillies figure dans le tableau 9. On remarque principalement une amélioration du coefficient de rétention azotée faible lors de résection haute et importante lors de résection basse.

TABLEAU 9

Digestibilité de la matière sèche, de la matière organique, et de l'azote selon le site intestinal et le type d'opération (groupes II et IV)

Critères de digestibilité	Moyenne 2 × 6 jours Périodes pré-opératoires				Moyenne 2 × 6 jours Périodes post-opératoires			
	RB ₁	RB ₂	FB	TN	RB ₁	RB ₂	FB	TN
C. U. D. matière sèche	84,8	85,8	86,2	86,5	85,8	85,9	86,2	85,0
C. U. D. matière organique ..	87,0	87,8	88,3	88,4	87,8	87,6	88,4	87,3
C. U. D. azote	84,5	86,8	87,8	87,7	85,9	89,8	89,9	88,7
C. U. P. azote	49,4	50,3	51,7	50,9	50,4	54,8	48,2	46,8
C. R. A.	58,5	58,0	58,8	58,0	58,6	61,1	53,6	52,8
	RH ₁	RH ₂	FH	TN	RH ₁	RH ₂	FH	TN
C. U. D. matière sèche	83,0	84,0	83,2	82,2	84,8	85,7	86,4	86,3
C. U. D. matière organique ..	85,2	86,1	85,3	84,5	86,9	87,7	88,2	88,0
C. U. D. azote	82,1	85,4	83,6	81,8	84,3	88,7	88,3	88,6
C. U. P. azote	48,4	50,6	50,4	48,7	48,2	46,8	46,9	39,5
C. R. A.	59,0	59,2	60,3	59,5	57,1	52,7	53,2	44,7

DISCUSSION

Un certain nombre de problèmes méthodologiques se font jour au travers de cette première expérimentation. Parmi eux, se trouve l'imprécision relative des mensurations intestinales, tant de longueur que de poids, puisqu'il paraît difficile d'obtenir le poids sec de tissu intestinal pour un viscère aussi volumineux. De même, une difficulté actuellement insurmontable, tient à la mise en jeu d'une intervention chirurgicale après constitution de groupes expérimentaux homogènes, ce qui introduit un facteur de variation certain. L'homogénéité post-opératoire des lots n'est pas toujours parfaite. La solution consistant à effectuer une mise en lots à partir de troupeaux d'animaux préalablement opérés reste encore difficilement réalisable au niveau de l'élevage. Au demeurant, le jeûne nécessaire pour les animaux opérés constitue une source de variation et s'il est difficile de soumettre les animaux témoins à un jeûne de plus de 48 heures, il est souhaitable de limiter leur ingestion à une demi-ration pendant trois à quatre jours. Enfin, le découpage de l'intestin grêle ici adopté paraît insuffisant pour permettre une comparaison très fine entre résections haute et basse par exemple.

Hors ces aspects techniques, reste la difficulté de l'interprétation des modifications apparentes des mensurations viscérales. L'étude des effets de l'opération implique la comparaison entre animaux au terme d'un même délai post-opératoire, donc à des poids vifs différents, alors que manquent des informations précises concernant l'allométrie de croissance des viscères digestifs du porc. A cela s'ajoute l'influence du niveau d'ingestion dont on sait qu'il affecte la longueur de l'intestin et l'épaisseur de sa paroi.

En dépit de ces diverses réserves, il convient de souligner un certain nombre de résultats. La croissance pondérale et la consommation alimentaire ne sont sensiblement modifiées par aucun des traitements expérimentaux. Une vue d'ensemble des résultats tend à prouver l'efficacité et l'ajustement de la « compensation », si telle est l'explication selon KNUDTSON *et al.* (1962). Ils excluent l'hypothèse d'une surface intestinale excédentaire chez le sujet normal. Notons cependant la tendance, lors de résection haute, à une dépréciation corroborant les observations cliniques. Plus curieuse est l'évolution de l'indice de consommation, après résection basse. Partant de valeurs extrêmement favorables, il rejoint progressivement les valeurs des témoins.

Au niveau des viscères, une hypertrophie (au sens d'accroissement pondéral) généralisée apparaît. Lors de résection haute elle est particulièrement importante en région proximale, alors qu'elle se manifeste principalement en aval d'une résection basse. Ceci indique que l'hypertrophie n'est pas nécessairement la conséquence de la présence de certains types de nutriments en aval de leur site normal d'absorption et qu'il ne s'agit vraisemblablement pas d'un effet local mais bien plutôt de la mise en jeu d'un mécanisme global de restauration. Les effets de l'intervention fictive sont dans tous les cas moindres que ceux d'une résection vraie, ce qui recoupe chez le Porc les observations effectuées chez le Rat par LORAN *et al.* (1958), bien que ces auteurs n'aient utilisé que la simple transsection et non la double section telle que nous l'avons pratiquée. En ce qui concerne le gros intestin, ces modifications sont en elles-mêmes

infimes, leur appréciation étant susceptible d'être entravée par l'erreur expérimentale de la mesure, encore plus délicate pour le gros intestin que pour l'intestin grêle. Ce n'est donc que relativement au poids du grêle que se révèle un certain déséquilibre lors de résection basse, ce qui signifie que l'hypertrophie se porte dans ce cas de façon prépondérante sur le gros intestin et de façon modérée sur l'intestin grêle comparativement aux effets d'une résection haute.

Dès lors, si l'on est tenté de voir dans l'hypertrophie intestinale la manifestation objective de la compensation nutritionnelle, il y a discordance avec l'évolution observée de l'indice de consommation. L'hypothèse d'une liaison entre développement de l'hypertrophie et amélioration de l'indice est donc compromise. Si l'on remarque qu'au terme de la période de croissance les animaux ont rétabli leur poids global d'intestin relativement au poids du corps, il n'est pas interdit d'admettre une hypothèse inverse consistant à expliquer la normalisation progressive de l'indice de consommation par le développement de l'hypertrophie qui rétablit le rapport poids de la masse intestinale/poids vif. Cette orientation implique que l'organisme dispose d'une perception du déficit d'absorption, lui permettant de s'adapter rapidement par une amélioration de l'indice de consommation, sans que soient affectés les mécanismes de régulation de l'ingéré. En d'autres termes, cette amélioration temporaire de l'indice de consommation traduit un changement d'efficacité du tissu intestinal, jusqu'à ce que soit rétabli par l'hypertrophie, le rapport poids viscéral/poids vif.

Le double aspect de cette réponse à une résection intestinale peut expliquer les divergences entre auteurs, affirmant selon le cas une hypertrophie diversement qualifiée (accroissement dimensionnel ou pondéral), ou bien une hyperplasie (prolifération cellulaire épithéliale) sans changement des mensurations des villosités. Il apparaît en définitive que l'hyperplasie précède l'hypertrophie et explique le changement d'efficacité alimentaire et l'amélioration de la rétention azotée ici observées, comme l'augmentation d'absorption du glucose en l'absence de modification de son transport actif au niveau de l'épithélium (WESER *et al.*, 1969). Il reste au demeurant bien impossible de différencier ces deux phases, les deux phénomènes se superposant vraisemblablement, avant de se substituer l'un à l'autre. Le mode de perception de l'organisme, suscitant le changement d'efficacité initial, reste obscur. Cependant, une indication résulte d'observations réalisées chez des sujets soumis à une même réduction du volume digestif fonctionnel, non par résection, mais par confection d'une anse intestinale isolée (fistule de Thiry et Vella) (J.-P. LAPLACE, observations non publiées). Ces animaux réagissent par une atrophie du tissu intestinal. Il pourrait alors s'agir d'une perception non pas tant d'un déficit d'absorption que du pourcentage de tissu intestinal en activité. Cependant, cette possibilité ne saurait constituer l'unique facteur intervenant dans l'ensemble des modifications observées.

L'examen de ces résultats sous leur aspect médical, dans le cadre de l'exclusion d'un segment d'intestin grêle du circuit digestif aux fins d'utilisation, sous la forme d'anse intestinale isolée, pour une épuration sanguine extrarénale chez les sujets atteints d'insuffisance rénale chronique grave, appelle d'autres remarques. Cette voie explorée chez l'animal depuis 1920 environ par de nombreux chercheurs, a récemment été utilisée chez l'Homme (THOMPSON *et al.*, 1952 ; SCHLOERB, 1958). Ce dernier auteur écarte l'usage de l'iléon pour une telle expérimentation en raison de l'importance de ses fonctions d'absorption, et rappelle que des résections massives de grêle sont bien tolérées sous réserve de la conservation de l'iléon terminal (2 derniers mètres). Il y a

ici discordance entre cette affirmation d'un rôle particulier de l'iléon et les observations recueillies sur le Porc. La seconde affirmation de SCHLOERB (1958) selon laquelle l'exclusion de 50 p. 100 du grêle sous forme d'une anse intestinale isolée (fistule de Thiry et Vella) n'entraîne aucune anomalie fonctionnelle, nous semble à la lumière des faits précédemment cités, mériter un examen détaillé. Il n'est en effet pas exclu que l'organisme réagisse de façon totalement différente à une exclusion digestive, selon qu'elle est le fait d'une résection ou d'une anse isolée.

CONCLUSION

La résection d'un segment limité d'intestin grêle provoque chez le Porc le développement d'une hypertrophie du tissu intestinal, constatée entre 70 et 110 jours après l'opération. Les conséquences globales vis-à-vis de la croissance pondérale et de la consommation alimentaire sont pratiquement nulles. Mais l'évolution de l'indice de consommation, et l'existence d'une amélioration de la rétention azotée (observée entre le 15^e et le 30^e jour après l'opération) font admettre l'existence d'un changement d'efficacité du tissu intestinal (vraisemblablement associé à une hyperplasie), préalable au développement de l'hypertrophie.

Reçu pour publication en juin 1970.

SUMMARY

INTESTINAL RESECTION IN THE PIG

I. — PRELIMINARY OBSERVATIONS

The effects of a partial small intestine resection (4 m), in the proximal or distal region, compared with those of the sham operation (double transection), were analyzed in 40 castrated *Large White* males.

Growth and food intake were studied from the operation (30-50 kg) and until slaughter (80-100 kg). The morphological changes in the whole gut were measured (fresh weight of the stomach and the different segments of the washed small intestine). The hypertrophy of the remaining intestine (weight increase per length unit) noticed in all the cases of partial small intestine resection, was much lower after the sham operation. This hypertrophy was higher before the proximal resection or beyond the distal resection. At slaughter, the weight of the total empty intestine compared with the live weight is re-established at the same level as in the controls. The development of the food conversion ratio, particularly after the distal resection, and the nitrogen retention improvement between the 15th and the 30th day suggests the existence of a change in intestinal efficiency preceding the hypertrophy.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOOTH C. C., EVANS K. T., MENZIES T., STREET D. F., 1959. Intestinal hypertrophy following partial resection of the small bowell in the rat. *Br. J. Surg.*, **46**, 403-410.
- BOOTH C. C., 1967. Sites of absorption in the small intestine; *Feder. Proc.*, **26**, 1583-1588.
- CLAUSEN VON H., NIELSEN H. E., 1963. Der einfluss von Zucht und Fütterung auf die Längenzunahme des Darmkanals beim Schwein. *Z. Tierzücht. Zücht. Biol.*, **78**, 197-204.
- DOWLING R. H., BOOTH C. C., 1966. Functional compensation after small bowell resection in man. démonstration by direct measurement. *Lancet*, **2**, 146-147.

- HENRY Y., RÉRAT A., 1966. Utilisation des pommes de terre déshydratées et fraîches dans l'alimentation du porc en croissance en comparaison avec l'orge. *Ann. Zootech.*, **15**, 231-251.
- KNUDTSON K. P., PRIEST R. E., JACKLIN A. J., JESSEPH J. E., 1962. Effects of partial resection on mammalian small intestine. I. Initial autoradiographic studies in the dog. *Lab. Invest.*, **11**, 433-436.
- LORAN M. R., ALTHAUSEN T. L., IRVINE E., 1956. Effects of « minimal » resection of the small intestine on absorption of vitamin A in the rat. *Gastroenterology*, **31**, 717-726.
- LORAN M. R., ALTHAUSEN T. L., 1958. Hypertrophy and changes in cholinesterase activities of the intestine, erythrocytes, and plasma after « partial » resection of the small intestine of the rat. *Am. J. Physiol.*, **193**, 516-520.
- MCCANCE R. A., WILKINSON A. W., 1967. Experimental resection of the intestine in newborn pigs. *Br. J. Nutr.*, **21**, 731-740.
- PORUS R. L., 1965. Epithelial hyperplasia following massive small bowel resection in man. *Gastroenterology*, **48**, 753-757.
- SCHLOERB P. R., 1958. The management of uremia by perfusion of an isolated jejunal segment with observations of the dynamics of water and electrolyte exchange in the human jejunum. *J. Clin. Invest.*, **37**, 1818-1835.
- THOMPSON W. S., LEWIS J. J., ALVING A. S., 1952. Physiological changes during perfusion of the isolated intestinal loop in chronic uremia. *J. Labor. Clin. Med.*, **39**, 69-83.
- VODOVAR N., FLANZY J., FRANÇOIS A. C., 1964. Intestin grêle du porc. I. Dimensions en fonction de l'âge et du poids, étude de la jonction du canal cholédoque et du canal pancréatique à celui-ci. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 27-34.
- WESER E., HERNANDEZ M., 1969. Effect of small bowel resection on glucose and leucine uptake by rat intestinal epithelial cells. *Gastroenterology*, **56**, 1206 (Abst.).
-