

TRANSPORT DES MATIÈRES GRASSES PAR LA VOIE LYMPHATIQUE CHEZ LE PORC

II. — LIPIDES ENDOGÈNES

Lucie FRÉMONT, J. FLANZY et A. C. FRANÇOIS
avec la collaboration technique de Marie-Thérèse GOZZELINO

*Station centrale de Nutrition,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

RÉSUMÉ

La lymphe intestinale ou thoracique est recueillie par un cathéter chez des porcelets soit lorsqu'ils sont à jeun, soit lorsqu'ils ont reçu un régime lipidoprive. Dans les deux cas, les quantités de lipides collectées par 24 heures sont de l'ordre de 6 à 8 g. Il n'y a pas de différence notable entre les deux états de nutrition pour ce qui concerne les compositions en acides gras des lipides non phosphorés, d'une part, et des phospholipides, d'autre part. Les variations dans le temps et les variations individuelles sont très peu marquées dans la lymphe, alors qu'elles sont importantes dans le sang.

Dans le premier milieu, on remarque en particulier le taux élevé d'acide linoléique.

L'hypothèse d'un transfert sélectif de certains acides gras entre le sang et la lymphe et d'un recyclage par les deux voies est suggérée.

INTRODUCTION

Au cours des expériences rapportées précédemment, (FRÉMONT, FLANZY, FRANÇOIS, 1970), nous avons remarqué que, d'une façon générale, chez le Porc, la composition de la matière grasse ingérée influence celle de la lymphe pendant environ 24 heures, mais durant ce temps, il apparaît que les acides gras des triglycérides de la lymphe ne sont pas exclusivement d'origine alimentaire et que ceux des phospholipides sont en majorité d'origine endogène. En outre, au-delà de la période d'absorption, la présence de lipides dans la lymphe est constante, même après un jeûne prolongé.

Depuis une dizaine d'années, de nombreuses informations concernant la nature et l'origine de ces lipides chez le Rat ont été obtenues (KIM, BOLLMAN et GRINDLAY, 1956 ; GOTTENBOS et THOMASSON, 1963 ; KARMEN, WHYTE et GOODMAN, 1963 ; BOUCROT et CLÉMENT, 1965 ; DI COSTANZO et CLÉMENT, 1965 ; VERDINO, BLANK et PRIVETT, 1965 ; VOIGT, APOSTOLAKIS et GRIMMER, 1965 ; BAXTER, 1966 ; SAVARY et CONSTANTIN, 1966 ; SHRIVASTAVA, REDGRAVE et SIMMONDS, 1967 ; REDGRAVE, 1967 ; SAVARY et CONSTANTIN, 1967 ; BOUCROT et CLÉMENT, 1968).

Afin d'étudier sur les plans qualitatif et quantitatif les lipides endogènes de la lymphe du Porc, nous avons analysé la lymphe recueillie chez des animaux à jeun, chez des animaux recevant un régime lipidoprive pendant plusieurs jours et chez des animaux recevant un régime lipidique duquel sont exclus certains acides gras. Parmi les hypothèses pouvant être formulées au sujet de l'origine de ces lipides, nous avons considéré celle du transfert de lipides du système sanguin au système lymphatique, ce qui nous a amené à analyser le sang de porcs placés dans les mêmes conditions que ceux ayant une fistule lymphatique.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Le protocole expérimental a été établi selon les modalités décrites précédemment (FRÉMONT, FLANZY et FRANÇOIS, 1970).

La lymphe est recueillie de façon continue par un cathéter introduit soit dans le canal thoracique, soit dans un collecteur de lymphe intestinale.

Pour le sang, l'échantillon représente, soit un volume prélevé à un temps donné à l'aide d'un cathéter introduit dans une veine de la région rénale, soit une fraction du sang total recueillie lors de l'abattage de l'animal. Les animaux à jeun ne reçoivent que de l'eau ; les animaux en régime lipidoprive reçoivent l'aliment B ⁽¹⁾.

Le sang recueilli sur héparine est centrifugé et le plasma est lyophilisé.

Les lipides sont extraits de la même façon que ceux de la lymphe selon la technique de FOLCH *et al.* (1951 et 1957).

RÉSULTATS

Lipides de la lymphe lorsqu'il n'y a pas eu ingestion de lipides

La lymphe intestinale ou thoracique ne contient pas de chylomicrons, mais elle apparaît légèrement opalescente.

a) *Évaluation pondérale.*

1. En régime lipidoprive.

L'aliment de formule B est administré deux fois par jour à raison de 400 g environ par repas. Dans le cas où la lymphe a été recueillie pendant plusieurs jours, on a mesuré les quantités de lipides collectées par le cathéter. Pour cinq mesures, les valeurs se situent entre 6,5 et 9,7 g de lipides par 24 heures (tabl. 1). L'ordre de grandeur

⁽¹⁾ Régime formule B en p. 100 en poids : lait écrémé Spray 30 ; amidon 58,8 ; cellulose 4,3 ; mélange minéral 5,2 ; mélange vitaminique 1,7.

est le même pour la lymphe intestinale et la lymphe thoracique. En moyenne, la matière sèche représente 50 g par litre et la part qui revient aux lipides est d'environ 10 à 20 p. 100 (tabl. 2).

TABLEAU I

Lipides de la lymphe chez le Porc en régime lipidoprive

Désignation du porc	Origine de la lymphe	Durée de la collecte (h)	Volume recueilli (ml)	Lipides de la lymphe	
				(g/l)	(g/24 h)
O	intestinale	20	1 170	5,9	8,2
	—	20	696	8,4	7,1
G	—	16,5	736	9	9,7
Q	thoracique	21,5	1 020	5,7	6,5
R	—	21	1 690	4,5	8,7

TABLEAU 2

Lipides de la lymphe chez le Porc à jeun ou en régime lipidoprive

Désignation du porc	Origine de la lymphe	Lipides g/100 g M. S.	Matière sèche g/l
<i>à jeun</i>			
G	intestinale	18,3	40
L	—	29,6	
N	—	21	
U	—	13,5	55
<i>en régime lipidoprive</i>			
G	intestinale	21,8 20,2 19	48 49
		21 27,7 21,5	50 44 36
		<i>moyenne = 21,8</i>	
O	intestinale	21,4 17,3 15,5	58 43 35
		16,4 14,1 19,8	40 32 32
		<i>moyenne = 17,4</i>	
Q	thoracique	13,3 13 12,1	47 46 35
		17,7 10,8	46 44
		<i>moyenne = 13,4</i>	
R	thoracique	10,7 10,7	43 41
		<i>moyenne = 10,7</i>	
Y	intestinale	13,4 11,2 10,9 9,1	57 50 43 43
		10,6 10,7 12,2 10,3	59 45 48 52
		12,6 10,8	57 44
		<i>moyenne = 11,2</i>	

2. *A jeun.*

Du fait de la présence prolongée dans la lymphe d'acides gras venant des aliments, on considère que les animaux sont à jeun seulement 30 heures après le dernier repas gras.

La quantité de lipides recueillis par le cathéter en 24 heures n'a pu être évaluée à cause de l'arrêt précoce de l'écoulement chez les animaux à jeun. La part de la matière sèche qui revient aux lipides est à peu près la même que chez les animaux en régime lipidoprive (tabl. 2).

b) *Analyse des chaînes grasses.*

1. *En régime lipidoprive.*

En ce qui concerne les constituants majeurs (acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique) des lipides totaux, la composition est à peu près la même, quel que soit le temps après le repas et les variations individuelles sont peu importantes (fig. 1).

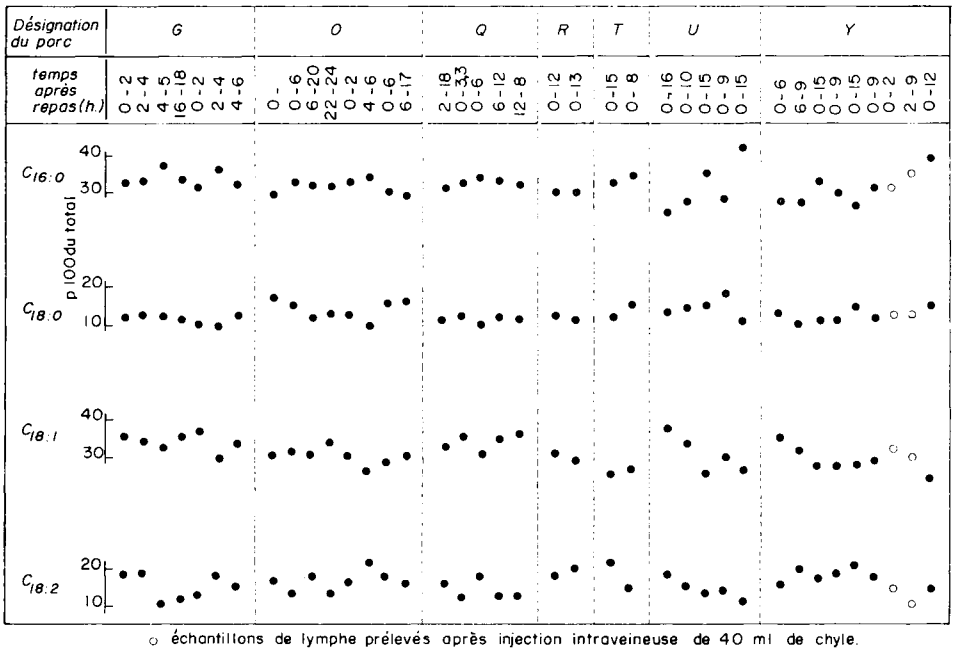


FIG. 1. — *Composition en acides gras des lipides de la lymphe chez le Porc en régime lipidoprive*

La moyenne (en p. 100 du total) de quarante déterminations réparties sur 7 porcs est la suivante

$C_{16:0}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$
32,7	13,8	31,9	21,6

Les proportions de lipides non phosphorés et de phospholipides varient respectivement entre 75-80 p. 100 et 20-25 p. 100. (tabl. 3).

La composition en acides gras des lipides non phosphorés diffère de celle des phospholipides, mais, à l'intérieur de chacune de ces classes, les proportions des

TABLEAU 3
Composition en acides gras des lipides non phosphorés (LNP) et des phospholipides (PL) chez le Porc en régime lipidoprive

Désignation du porc	Temps après repas (h)	Lipides g/100 g M. S.	LNP		PL		Acides gras (p. 100 du total de chaque classe)							
			P. 100 des lipides totaux		P. 100 des lipides totaux		C _{16:0}		C _{18:0}		C _{18:1}		C _{18:2}	
			LNP	PL	LNP	PL	LNP	PL	LNP	PL	LNP	PL	LNP	PL
O	0-6	16,4	75	25	34,6	40,5	13,8	29,3	35,9	22,4	15,6	7,8		
	0-15	28,6	79	20	32,9	33,1	14,3	29,2	35,6	20,1	17,2	17,6		
Q	0-3,30	17,7	77	21	29	38,1	11,7	21,5	38,1	23,6	21,2	16,7		
	0-6	13	73	25	31,4	34,7	8,8	23,3	34,1	23,7	25,7	18,2		
	2-18	13,3	75	23	29,2	37,6	11,4	24,1	36,1	22,8	23,3	15,6		
	12-18	12,1	73	25	29,9	34,5	10,4	22,6	39,7	25,1	20	17,9		
R	0-12	10,7	78	21	30,1	31,3	10,5	22,7	32,7	18,9	26,6	27		
	0-13	10,7	79	21	32,5	22,3	12	22,3	31,7	19,9	26,2	25,3		
U	0-15	15,6	75	17	35,4	32,4	15,1	28,6	28,3	18,8	21,2	20,3		
	0-9	13,1	78	19	32,5	34,9	10,7	21,4	31,7	26,5	25,1	17,2		
Y	0-15	11,7	77	19	33,3	34,5	10,9	22	30,5	26,1	25,2	17,6		
	Moyenne générale				31,8	34	11,8	24,3	34	22,6	22,4	18,3		

acides gras varient peu. L'acide stéarique est toujours un constituant très important des phospholipides ; son poids total reste cependant plus élevé dans les lipides non phosphorés, puisque ces derniers représentent les 4/5 des lipides totaux.

L'acide oléique, en revanche, se trouve en plus grande proportion dans les lipides non phosphorés.

Afin de mettre en évidence le transfert possible de lipides du sang dans la lymphe, nous avons recherché si la lymphe contenait les lipides introduits dans le système sanguin. Pour cela, nous avons recueilli le chyle d'un porc pendant l'absorption d'huile d'arachide. L'animal a été mis ensuite en régime lipidoprive pendant quatre jours, pour connaître l'importance des variations de composition, dans le temps, de la lymphe pour cet état de nutrition. Après cette période, on a injecté, par voie intraveineuse, (40 ml en 10 minutes), du chyle collecté précédemment et on a recueilli la lymphe s'écoulant du cathéter pendant les 9 heures qui suivent l'injection.

L'analyse de cette lymphe n'a pas fait apparaître d'influence de l'injecté sur sa composition (fig. 1).

2. *A jeun.*

Le tableau 4 montre que la composition de la lymphe est à peu près identique chez deux animaux ayant reçu, 46 heures avant la collecte, l'un de la crème et l'autre

TABLEAU 4

Composition en acides gras des lipides de la lymphe chez le Porc à jeun

Désignation du porc	Nature du dernier repas	Durée du jeûne (h)	Acides gras (p. 100 du total)			
			C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}
G	aliment B lipidoprive	25	34,4	12,5	39,7	13,3
L	crème	46	31,2	12,3	42,6	13,8
N	huile d'arachide	46	33	14,5	38,8	14

de l'huile d'arachide et chez un animal en régime lipidoprive, 25 heures après son dernier repas. Les valeurs moyennes (en p. 100 du total) de ces déterminations sont les suivantes :

C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}
32,9	13,1	40,3	13,7

Cette composition est un peu différente de celle de la lymphe en régime lipidoprive. Le rapport acides gras saturés/acides gras insaturés est le même dans les deux cas, mais le rapport acide oléique/acide linoléique est un peu plus élevé dans la lymphe à jeun.

Lipides de la lymphe pendant l'absorption de lipides exogènes

En régime lipidoprive, la composition en acides gras des lipides endogènes de la lymphe reste à peu près constante pendant toute la durée de la digestion et les varia-

tions individuelles sont peu importantes, mais il n'en va pas nécessairement de même en régime lipidique. Ainsi, en comparant la lymphe d'un animal qui a ingéré un aliment lipidoprive à celle d'un animal qui a ingéré de l'huile de coprah, qui ne contient

TABLEAU 5

Quantités d'acides oléique et d'acide linoléique endogènes dans la lymphe pendant l'absorption d'un aliment avec ou sans lipides

Temps après repas (h)	Lipides totaux (g)	Acides gras (80 p. 100 des LT) (g)	C _{18:1} p. 100 du total	C _{18:2} des A. G.	C _{18:1} quantité (g)	C _{8:2} totale (g)
<i>Aliment A + 50 g d'huile de coprah</i>						
0-2	0,47	0,38	20,4	11,6	0,077	0,044
2-4	1,28	1,02	12,1	6,6	0,123	0,067
4-6	1,45	1,16	8,2	3,6	0,095	0,042
6-8	1,78	1,43	11,4	4,4	0,163	0,063
8-10	1,78	1,43	10,3	4,9	0,147	0,070
10-12	0,64	0,51	16,1	11,5	0,082	0,059
12-14,30	0,95	0,76	19,1	13,5	0,145	0,103
0-14,30	8,35	6,69	13,9	8,0	0,83	0,447
<i>Aliment B lipidoprive</i>						
0-14,30	4,8 *	3,8	31,9 °	21,6 °	1,21	0,82

* D'après les résultats du tableau 1 ramenés à une durée de collecte de 14 heures 30.

° Moyenne des résultats de la figure 1.

ni acide oléique, ni acide linoléique, nous avons constaté, chez ces deux animaux, la présence des deux acides gras dans la lymphe, mais les quantités recueillies pendant une même durée sont différentes. Pour une durée de 14 heures 30 (tabl. 5), nous avons retrouvé 1,2 g d'acide oléique et 0,8 g d'acide linoléique chez le porc en régime lipidoprive (aliment formule B) ; chez le porc ayant ingéré un repas (aliment formule A) (1) comportant 50 g d'huile de coprah (qui ne contient pas d'acide oléique, ni d'acide linoléique), la lymphe ne renfermait que 0,8 g d'acide oléique et 0,4 g d'acide linoléique.

Lipides du sang à jeun et en régime lipidoprive

Les acides gras endogènes de la lymphe ont été comparés aux acides gras, soit du sang prélevé à un niveau déterminé à l'aide d'un cathéter chez un même animal soumis à des périodes successives de jeûne et de régime lipidoprive, soit du sang total provenant de différents animaux en état de jeûne.

(1) Régime formule A en p. 100 en poids ; lait écrémé Spray 35 ; amidon 39 ; lipides 13 ; cellulose 5 ; mélange minéral 6 ; mélange vitaminique 1,7.

a) Sang provenant d'un même porc, soit en état de jeûne, soit en régime lipidoprive.

Le cathéter étant introduit dans une veine de la région rénale, on a prélevé, une fois par jour, environ 50 ml de sang.

1. Régime lipidoprive (formule B).

Pendant les périodes d'alimentation, l'animal a reçu deux repas par jour (400 g d'aliment sec par repas + eau *ad libitum*) pendant 2 à 4 jours. Le prélèvement de sang a été effectué pendant l'absorption du repas du matin (environ 3 heures après l'ingestion).

2. Jeûne.

Le jeûne a été prolongé plus ou moins longtemps selon les différentes périodes. Le prélèvement de sang a été effectué comme suit : (le nombre entre parenthèse indique les jours depuis le début de l'expérience).

Périodes de jeûne

Temps écoulé depuis le dernier repas

1 ^{re} période.....	(3) 24 h
2 ^e période.....	(6) 48 h et (7) 72 h
3 ^e période.....	(12) 15 h, (13) 39 h, (14) 63 h et (15) 87 h
4 ^e période.....	(19) 15 h, (20) 39 h et (21) 63 h.

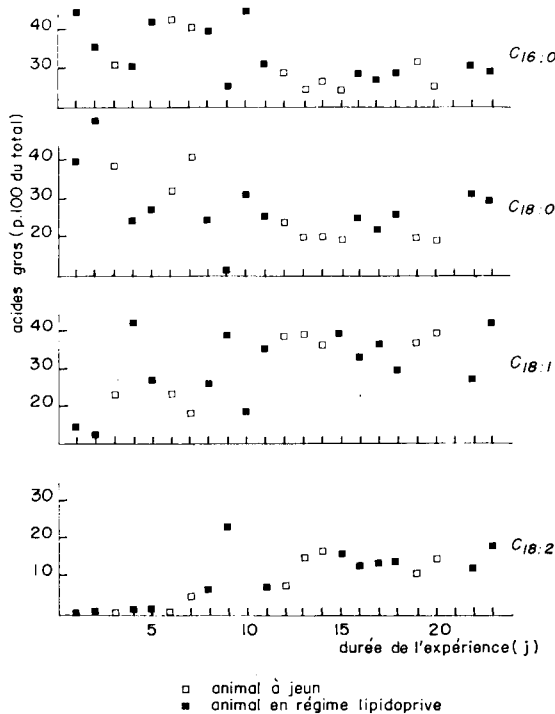


FIG. 2. — Composition en acides gras du plasma d'un même porc (porc Z) soit à jeun, soit en régime lipidoprive

L'examen de la figure 2 donne les indications suivantes :

— Durant les périodes de jeûne, comme durant les périodes de régime lipido-prive, les proportions des acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique diffèrent d'un prélèvement à l'autre, l'état nutritionnel étant identique.

— L'ingestion d'un aliment lipido-prive n'influence pas de façon caractéristique la composition en acides gras du sang prélevé chez des porcs à jeun ; ces états ne peuvent donc être différenciés d'après la composition en acides gras.

b) Sang provenant de différents porcs à jeun.

Dans ce cas, nous avons également mesuré les quantités de lipides totaux par litre de sang. L'analyse a été effectuée sur un échantillon moyen du sang total.

D'après les résultats obtenus sur seize porcs, nous voyons (fig 3) que les quantités et la composition en acides gras (pour ce qui concerne les acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique) sont du même ordre.

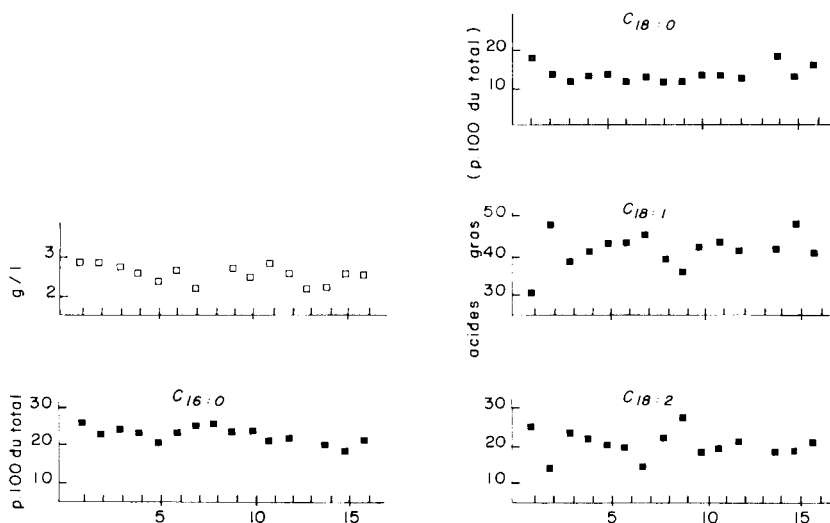


FIG. 3. — Concentration en lipides totaux (\square) et composition en acides gras (\blacksquare) du plasma de différents porcs en état de jeûne

Les valeurs moyennes des résultats sont les suivantes :

- lipides totaux : 2,5 g par litre.
- acides gras (en p. 100 du total).

$C_{16} : 0$	$C_{18} : 0$	$C_{18} : 1$	$C_{18} : 2$
23,2	14,2	42,3	20,3

DISCUSSION

Il est vraisemblable que, chez l'animal cathétérisé, l'importance de la mobilisation et de la synthèse des acides gras ne sont pas les mêmes que chez l'animal normal. Il se peut donc que la composition des lipides endogènes de la lymphe soit influencée

par la présence de la fistule, aussi convient-il de considérer les résultats s'y rapportant avec circonspection.

Sur le plan quantitatif, il apparaît que les lipides endogènes collectés par le cathéter ne sont pas négligeables (6 à 8 g par 24 heures), d'autant qu'ils ne représentent qu'une fraction des lipides transportés par tout le système lymphatique.

Le rapport entre lipides non phosphorés et phospholipides est un peu plus élevé pendant l'absorption des lipides exogènes qu'en régime lipidoprive. Le calcul des variations (test F) entre les deux groupes d'animaux (régime lipidoprive et régime lipidique), montre que les différences de proportions pour chacune des deux classes sont significatives. Pour les lipides non phosphorés F est égal à 5,5 et pour les phospholipides à 9,6 ($F_{0,05} = 4,28$). Cette différence est normale, puisque, dans le premier cas, la majorité des lipides alimentaires est transportée sous forme de chylomicrons composés en grande partie de triglycérides, alors que, dans le deuxième cas, les lipides sont transportés sous forme de lipoprotéines riches en lipides polaires. La comparaison de la composition globale des lipides du sang et de la lymphe met en évidence une différence de répartition des triglycérides et des phospholipides. VERDINO, BLANK, et PRIVETT (1965) trouvent que le rapport entre ces deux classes de lipides est huit fois plus élevé dans la lymphe que dans le plasma de rats en régime lipidoprive, mais la répartition des acides gras dans chacune de ces classes est à peu près identique pour ces deux compartiments.

La quantité de phospholipides d'origine endogène dans la lymphe est plus importante lorsqu'il y a eu ingestion de lipides qu'en régime lipidoprive (FRÉMONT, FLANZY et FRANÇOIS, 1970). Les lipides endogènes des chylomicrons n'ont probablement pas la même origine que ceux des lipoprotéines « solubles » (ZILVERSMIT, 1968). L'utilisation de chaînes grasses marquées pourrait permettre d'évaluer l'importance de l'endogène dans les triglycérides et les phospholipides de ces deux fractions. Les proportions des acides gras d'origine endogène semblent différentes chez l'animal ayant reçu des lipides et chez l'animal en régime lipidoprive. En effet, dans le premier cas, nous avons retrouvé dans la lymphe des quantités d'acide oléique et d'acide linoléique supérieures à celles que nous avons retrouvées dans le second cas. D'autres observations seraient nécessaires pour savoir ce qu'il en est exactement.

Les lipides endogènes de la lymphe peuvent provenir de différentes sources. Pour une faible part, ils peuvent avoir pour origine les cellules épithéliales de l'intestin, les bactéries et les sucs digestifs (GOTTENBOS et THOMASSON, 1963 ; KIM, BOLLMAN et GRINDLAY, 1956 ; BAXTER, 1966).

Chez le Rat à jeun ou en régime lipidoprive, il semble qu'une fraction notable des lipides de la bile soit incorporée dans la lymphe (BAXTER, 1966 ; SHRIVASTAVA, REDGRAVE et SIMMONDS, 1967). En période d'absorption de lipides exogènes, une partie des acides gras des phospholipides de la bile participe à l'élaboration des triglycérides des chylomicrons (BALINT, SPITZER et KYRIAKIDES, 1963 ; NILSSON, 1968), mais cet apport reste faible (BOUCROT et CLÉMENT, 1969).

La contribution des lipides du sang est, en revanche, importante. En ce qui concerne les lipoprotéines solubles, le transfert peut s'effectuer dans les tissus au niveau des capillaires (ABDOU, REINHART et TARVER, 1952 ; BORGSTRÖM et LAURELL, 1953 ; MORRIS, 1954 ; MORRIS, 1956). Pour ce qui est des acides gras endogènes des chylomicrons de la lymphe, il est fort probable qu'ils sont apportés par le sang à la muqueuse intestinale, car l'irrigation de ce tissu augmente pendant l'absorption

(KARMEN, WHYTE et GOODMAN, 1963 ; VOIGT, APOSTOLAKIS et GRIMMER, 1965 ; DI COSTANZO et CLÉMENT, 1965 ; SAVARY et CONSTANTIN, 1967 ; BOUCROT et CLÉMENT, 1968).

Dans le cas où la lymphe lactescente a été injectée par voie intraveineuse chez un porc en régime lipidoprive depuis plusieurs jours, nous n'avons pas observé, au cours des 9 heures qui suivent, une influence de la composition de l'injecté. Dans cette expérience, le transport des acides gras d'un milieu à l'autre devrait se manifester en particulier par une augmentation du pourcentage d'acide oléique dans la lymphe.

En effet, le chyle injecté a été recueilli pendant l'absorption d'huile d'arachide, dont le taux en acide oléique est de l'ordre de 65 p. 100, alors que la proportion de cet acide gras dans les chaînes endogènes de la lymphe est voisine de 30 p. 100.

Plusieurs auteurs ayant réalisé des expériences du même type (REINHARDT, FISHLER et CHAIKOFF, 1944 ; MORRIS et COURTICE, 1956 ; RAMPONE, 1961 ; BAXTER, 1966) n'ont retrouvé dans la voie lymphatique qu'une faible part des lipides injectés dans le sang, mais la possibilité de transfert n'est pas exclue pour autant. En effet, les lipides injectés sont dilués par les lipides déjà présents dans le système sanguin et une fraction de l'ensemble peut passer dans le système lymphatique, sans faire varier de façon notable la composition en acides gras de ses lipides.

Chez un même animal mis successivement à jeun et en régime lipidoprive pendant plusieurs jours consécutifs, nous avons observé d'importantes variations de la composition des lipides du sang. Ces fluctuations s'expliquent par le fait que le sang transporte les lipides entre les lieux de biosynthèse, d'utilisation et de stockage et que l'importance de chaque processus dans chaque site varie suivant les besoins. Il est donc normal que la composition des lipides circulants subisse de grandes variations, lorsque des périodes de jeûne et des périodes de régime lipidoprive se succèdent.

En revanche, dans le cas des échantillons de sang prélevés chez des animaux différents à jeun, les quantités de lipides totaux et la composition en acides gras de ces lipides sont relativement stables. Si on compare les lipides du sang à ceux de la lymphe, on remarque, en particulier, que les proportions d'acide stéarique et d'acide oléique sont sensiblement les mêmes dans les deux milieux, mais le rapport acide palmitique/acide linoléique est voisin de 2,5 dans la lymphe, alors qu'il est peu différent de 1 dans le sang. On peut supposer que les lipides endogènes de la lymphe représentent les « résidus » de lipides apportés par le sang aux cellules et qui, non utilisés par celles-ci, retournent au sang par la voie lymphatique ; on peut également envisager l'hypothèse inverse, c'est-à-dire que c'est d'abord dans la lymphe que sont déversés, soit les acides gras sortant des cellules adipeuses, soit les lipoprotéines élaborées dans le foie ou d'autres organes. La mise en évidence du transport d'acides gras non estérifiés dans la lymphe pendant le jeûne pourrait appuyer cette hypothèse.

Chez le Porc, en régime lipidoprive, la composition moyenne des dépôts diffère nettement de celle des lipides endogènes de la lymphe. Les pourcentages des principaux acides gras dans les dépôts sont les suivants : (FLANZY, FRANÇOIS et RÉRAT, 1970).

$C_{16} : 0$	$C_{18} : 0$	$C_{18} : 1$	$C_{18} : 2$
27,4	17,8	52,8	2,4

Il apparaît, en particulier, que le taux d'acide linoléique est beaucoup plus élevé dans la lymphe que dans les dépôts ; or, cet acide gras n'est pas synthétisé par l'ani-

mal. Donc, si les acides gras de la lymphe proviennent du tissu adipeux, deux explications sont possibles : ou bien la vitesse de renouvellement est élevée, et, dans ce cas, il existe un choix très sélectif d'acides gras au moment de la mobilisation, ou bien ces acides gras sont peu dégradés et ils sont recyclés plusieurs fois.

Quelques observations peuvent suggérer que les lipides endogènes viennent de la région intestinale. La composition en acides gras des lipides endogènes n'est pas significativement différente dans la lymphe thoracique et dans la lymphe intestinale. De plus, nous avons remarqué, à plusieurs reprises, que la part de la matière sèche qui revient aux lipides est plus importante dans la lymphe intestinale que dans la lymphe thoracique, aussi bien chez l'animal à jeun (porcs G. L. N.) que chez l'animal en régime lipidoprive (porcs G. O. Q. R.). On pourrait donc supposer que les lipides venant de la région intestinale sont « dilués » dans le canal thoracique par de la lymphe exempte de lipides venant des régions extra-intestinales. Cette hypothèse n'est valable que si les lipides qui arrivent dans le cathéter viennent d'être captés par la lymphe. En effet, s'il y a recyclage par les voies sanguine et lymphatique, les lipides qui circulent dans la lymphe thoracique, comme ceux qui circulent dans la lymphe intestinale, peuvent avoir des origines éloignées du lieu de prélèvement et il n'y a pas de raison pour que la concentration des lipides à ces deux niveaux soit différente.

La possibilité de la biosynthèse d'acides gras dans la muqueuse intestinale à partir de glucides ingérés a été démontrée (BERNHARD et BULLET, 1947 ; CAHN et HOUGET, 1956 et 1957), mais il ne semble pas que ce soient ces acides gras, en particulier, qu'on retrouve dans la lymphe, puisque la composition des lipides est la même à jeun et en régime lipidoprive contenant de l'amidon.

La comparaison des lipides endogènes de la lymphe chez des espèces différentes nous a permis de constater, en ce qui concerne les quatre acides gras les plus représentés quantitativement, que les compositions correspondant à nos expériences sur le Porc sont peu différentes de celles qui correspondent aux expériences de GOTTENBOS et THOMASSON (1963) et de BAXTER (1966) sur le rat (tabl. 6).

On peut supposer que les acides gras d'origine endogène de la lymphe sont les constituants de lipoprotéines servant au transport de nutriments labiles qui sont

TABLEAU 6
Acides gras d'origine endogène dans la lymphe

Auteurs	GOTTENBOS		BAXTER	Observations personnelles	
	Rat			Porc	
Espèce animale	Rat			Porc	
État nutritionnel	à jeun	ayant reçu du glucose	régime lipidoprive	à jeun	régime lipidoprive
Acides gras	p. 100 du total				
C _{16:0}	37	39	33	33	33
C _{18:0}	12	14	15	13	14
C _{18:1}	27	34	31	40	32
C _{18:2}	23	14	21	14	22

captés par les tissus utilisateurs. Ces supports étant eux-mêmes peu métabolisés, ils seraient recyclés plusieurs fois par les voies sanguine et lymphatique. Le maintien de la stabilité de composition de ces lipides serait soumis à un contrôle précis de l'activité des mécanismes enzymatiques chargés de sélectionner et de synthétiser des acides gras, puis des esters toujours identiques à eux-mêmes.

L'analyse de la lymphe ne donne qu'une image globale du transport des lipides endogènes. Leur origine et leur signification ne peuvent être connues que si l'on a une idée plus précise des processus qui règlent la biosynthèse et l'utilisation de chaque classe de lipides et, à l'intérieur de chaque classe, de chaque acide gras au niveau des différents tissus.

Reçu pour publication en mai 1970.

SUMMARY

TRANSPORT OF FATS BY THE LYMPHATIC ROUTE IN PIGS.

II. — ENDOGENOUS LIPIDS

Intestinal or thoracic lymph was collected by catheter from young pigs during starvation and when they had been given a lipid-free diet. In each case the amount of lipids collected during 24 hours was of the order of 6 to 8 g.

The fatty acid composition of the lipids of lymph was remarkably constant both in the non-phosphorus class and in the phospholipids. This composition was much the same in starved pigs and those given the lipid-free diet. On the other hand the fatty acid composition of blood for the same states of nutrition differed widely.

It would seem that the linoleic acid content was high in the endogenous lipids of lymph. This fatty acid is not synthesized by the animal and its proportion in the lipid reserves is not high, and it may be asked what is its origin and what is the significance of its concentration in the lipids of the lymph? The hypothesis of selective transfer of some fatty acids between blood and lymph and of a recycling by the two routes is suggested.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDOU I. A., REINHARDT W. O., TARVER H., 1952. Plasma protein. III. Equilibrium between blood and lymph protein. *J. biol. Chem.*, **194**, 15-23.
- BALINT J. A., SPITZER H. L., KYRIAKIDES E. C., 1963. The lipids of bile and their role in fat absorption. *Clin. Res.*, **11**, 32.
- BAXTER J. H., 1966. Origin and characteristics of endogenous lipid in thoracic duct lymph in rat. *J. Lipid Res.*, **7**, 158-166.
- BERNHARD K., BULLETT F., 1947. Die Bildung von Fettsäuren im Intestinal-Tractus. *Helv. chim. Acta*, **30**, 1 784-1 788.
- BORGSTRÖM B., LAURELL C. B., 1953. Studies on lymph and lymph proteins during absorption of fat and saline by rats. *Acta physiol. scand.*, **29**, 264-280.
- BOUCROT P., CLEMENT J., 1965. Apport d'acides gras endogènes dans la lymphe chez le Rat après administration d'un repas contenant des triglycérides mixtes stéarique ¹⁴C-oléique ³H. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **260**, 4 083-4 086.
- BOUCROT P., CLÉMENT J., 1968. Étude de l'apport d'acides gras endogènes dans les triglycérides des chylomicrons lymphatiques chez le rat après administration de divers triglycérides marqués mixtes. *Biochim. biophys. Acta*, **164**, 558-565.
- BOUCROT P., CLÉMENT J., 1969. Participation des acides gras du sang et de la bile à la formation des lipides endogènes de la lymphe chez le rat qui ingère un repas contenant des graisses. *Biochim. Biophys. Acta*, **187**, 59-72.

- CAHN T., HOUGET J., 1956. Sur l'importance de la transformation des glucides alimentaires en lipides et sur les lieux de réalisation. *J. Physiol.*, **48**, 427-430.
- CAHN T., HOUGET J., 1957. La participation des glucides aux combustions. Le sort des glucides alimentaires. *Acta physiol. pharmac. neerl.*, **6**, 85-94.
- DI COSTANZO G., CLÉMENT J., 1965. Incorporation *in vivo* des acides oléique, stéarique et palmitique tritiés dans les lipides de la lumière et de la muqueuse intestinale chez le Rat. Importance de l'apport d'acides gras endogènes. *Bull. Soc. chim. biol.*, **47**, 57-68.
- FLANZY J., FRANÇOIS A.-C., RÉRAT A., 1970. Utilisation métabolique des acides gras chez le Porc. *Annl. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **10**, 603-620.
- FOLCH J., ASCOLI I., LEES M., MEATH J. A., LE BARON F. N., 1951. Preparation of lipide extracts from brain tissue. *J. biol. chem.*, **191**, 833-841.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE-STANLEY C. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. biol. chem.*, **226**, 497-509.
- FRÉMONT L., FLANZY J., FRANÇOIS A.-C., 1970. Transport des matières grasses par la voie lymphatique chez le Porc. I. Lipides exogènes. *Annl. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **10**, 271-289.
- GOTTENBOS J. J., THOMASSON N. J., 1963. The fatty acid composition of thoracic lymph fats of rats fed single triglycerides. In: FRAZER A. C., *Biochemical problems of lipids*, 272-279. Elsevier, Amsterdam
- KARMEN E., WHYTE M., GOODMAN D. S., 1963. Fatty acid esterification and chylomicron formation during fat absorption. I. Triglycerides and cholesterol esters. *J. Lipid Res.*, **4**, 312-321.
- KIM K. S., BOLLMAN J. L., GRINDLAY J. H., 1956. Metabolism of endogenous lipid of the intestine. *Am. J. Physiol.*, **184**, 445-448.
- MORRIS B., 1954. The interrelationships of the plasma and lymph lipide fractions before and during fat absorption. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.*, **32**, 763-782.
- MORRIS B., 1956. The exchange of protein between the plasma and the liver and intestinal lymph. *Q. Jl exp. Physiol.*, **41**, 326-340.
- MORRIS B., COURTICE F. C., 1956. The origin of chylomicrons in the cervical and hepatic lymph. *Q. Jl exp. Physiol.*, **41**, 341-348.
- NILSSON A., 1968. Intestinal absorption of lecithin and lysolecithin by lymph fistula rats. *Biochim. biophys. Acta*, **152**, 379-390.
- RAMPONE A. J., 1961. Rate of fat uptake by intestinal lymphatics. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, **108**, 278-282.
- REDGRAVE T. G., 1967. The absorption of micellar lipid into lymph of unanaesthetized rats. *Q. Jl exp. Physiol.*, **52**, 130-138.
- REINHARDT W. O., FISHLER M. C., CHAIKOFF I. L., 1944. The circulation of plasma phospholipids : their transport to thoracic duct lymph. *J. biol. Chem.*, **152**, 79-82.
- SAVARY P., CONSTANTIN M. J., 1966. Sur la résorption intestinale des chaînes éruciques et leur incorporation dans les chylomicrons lymphatiques du rat. *Biochim. biophys. Acta*, **125**, 118-128.
- SAVARY P., CONSTANTIN M. J., 1967. Some experimental data on the endogenous chains in the triglycerides of rat thoracic duct lymph. *Biochim. biophys. Acta*, **144**, 549-555.
- SHRIVASTAVA B. K., REDGRAVE T. G., SIMMONDS W. J., 1967. The source of endogenous lipid in the thoracic duct lymph of fasting rats. *Q. Jl exp. Physiol.*, **52**, 305-312.
- VERDINO B., BLANK M. L., PRIVETT O. S., 1965. Endogenous lipid composition of the intestinal lymph of rats raised on fat free, lard or corn oil diets. *J. Lipid Res.*, **6**, 356-362.
- VOIGT K. D., APOSTOLAKIS M., GRIMMER G., 1965. Gehalt und Zusammensetzung der Lymph-, Plasma-, und Erythrocytenlipiden. *Klin. Wschr.*, **43**, 732-737.
- ZILVERSMIT D. B., 1968. The surface coat of chylomicrons : lipid chemistry. *J. Lipid Res.*, **9**, 180-186.