



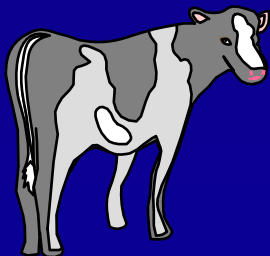
Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



Unité de Recherches
sur les Herbivores

Métabolisme lipidique et qualité des acides gras de la viande chez le veau préruminant

Dominique Bauchart, Denys Durand et Dominique Gruffat



INRA - Unité de Recherches sur les Herbivores
Equipe Nutriments et Métabolismes
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand/Theix
France

Les lipides du lait

Source très importante de nutriments pour le veau

- ❑ Nutriments à haute valeur énergétique digestible (AG des triglycérides) pour:
 - le développement et la croissance tissulaire
 - le maintien des fonctions des cellules
 - le stockage cellulaire d'énergie

- ❑ Eléments de structure membranaire (contrôlant les échanges cellulaires)
 - Acides gras polyinsaturés essentiels, incorporés dans les phospholipides membranaires
 - Cholestérol libre participant au contrôle de la viscosité membranaire

- ❑ Précurseurs de médiateurs biologiques endocriniens (AGPI, cholestérol)
 - Hormones sexuelles
 - Hormones corticosurréniennes
 - Sels biliaires



Couverture des besoins pour la croissance pour le veau

Apport en acides gras = 30-45% de l'énergie totale ingérée

Réfléchi en terme

- ✓ de forme d'apport en relation avec la digestibilité des acides gras (qualité de l'émulsification des triglycérides, degré de lipolyse des triglycérides)
- ✓ de niveau d'apport en relation avec le stade de développement (teneur plus élevée en phase de démarrage que de finition pour éviter le blocage du foie)
- ✓ de composition en acides gras des triglycérides pouvant modifier:
 - La valeur nutritionnelle de la viande pour le consommateur
 - le métabolisme des tissus et organes, notamment du foie (risque de stéatose)



Plan de l'exposé



- I. Digestion et transport sanguin des lipides et des acides gras chez le veau préruminant
- II. Métabolisme des lipides et des acides gras dans le foie de veau
- III. Métabolisme des lipides et des acides gras dans les tissus musculaires et adipeux du veau
- IV. Effets des acides gras alimentaires sur la valeur nutritionnelle des acides gras des tissus du veau



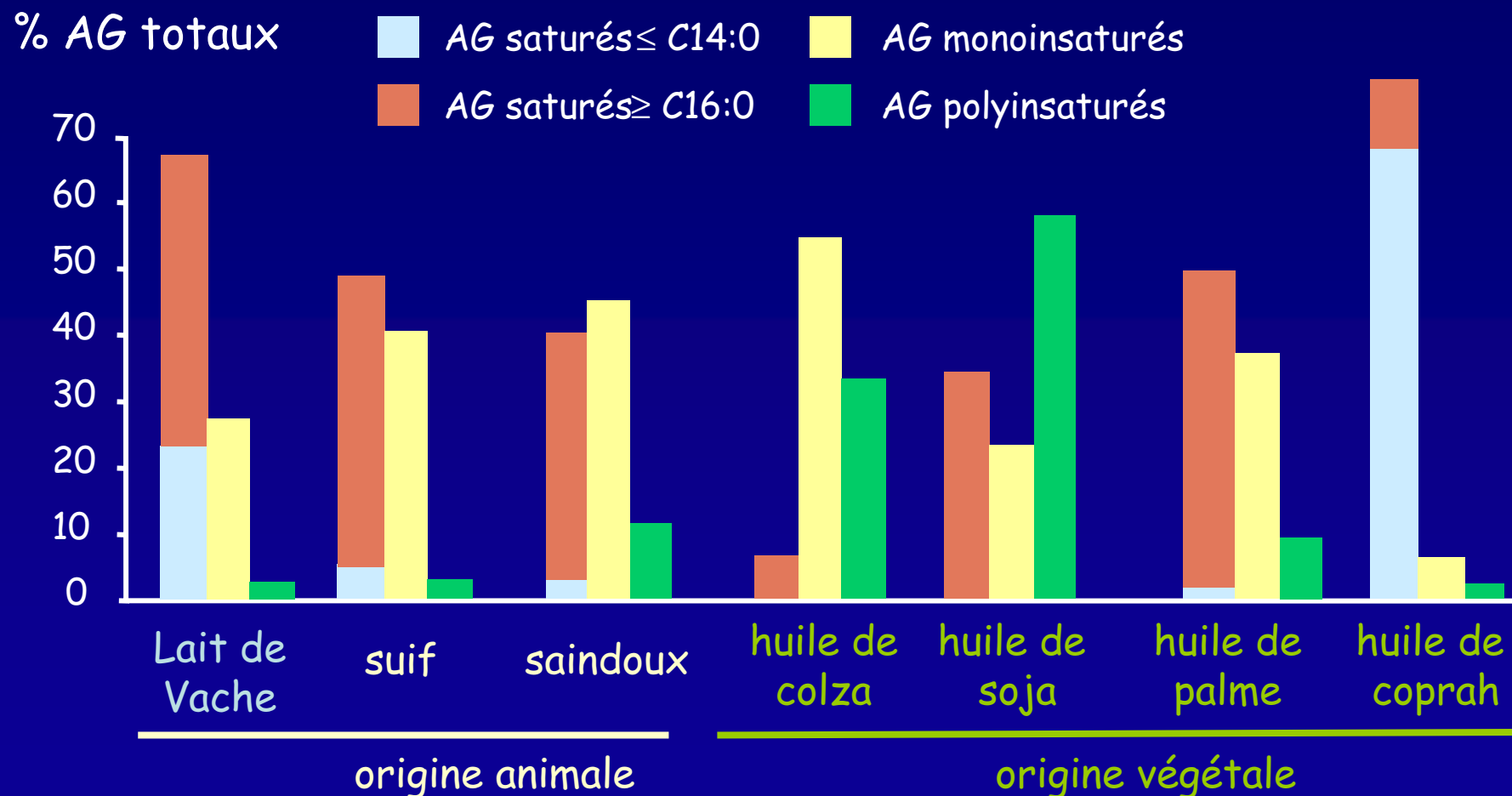
Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



Unité de Recherches
sur les Herbivores

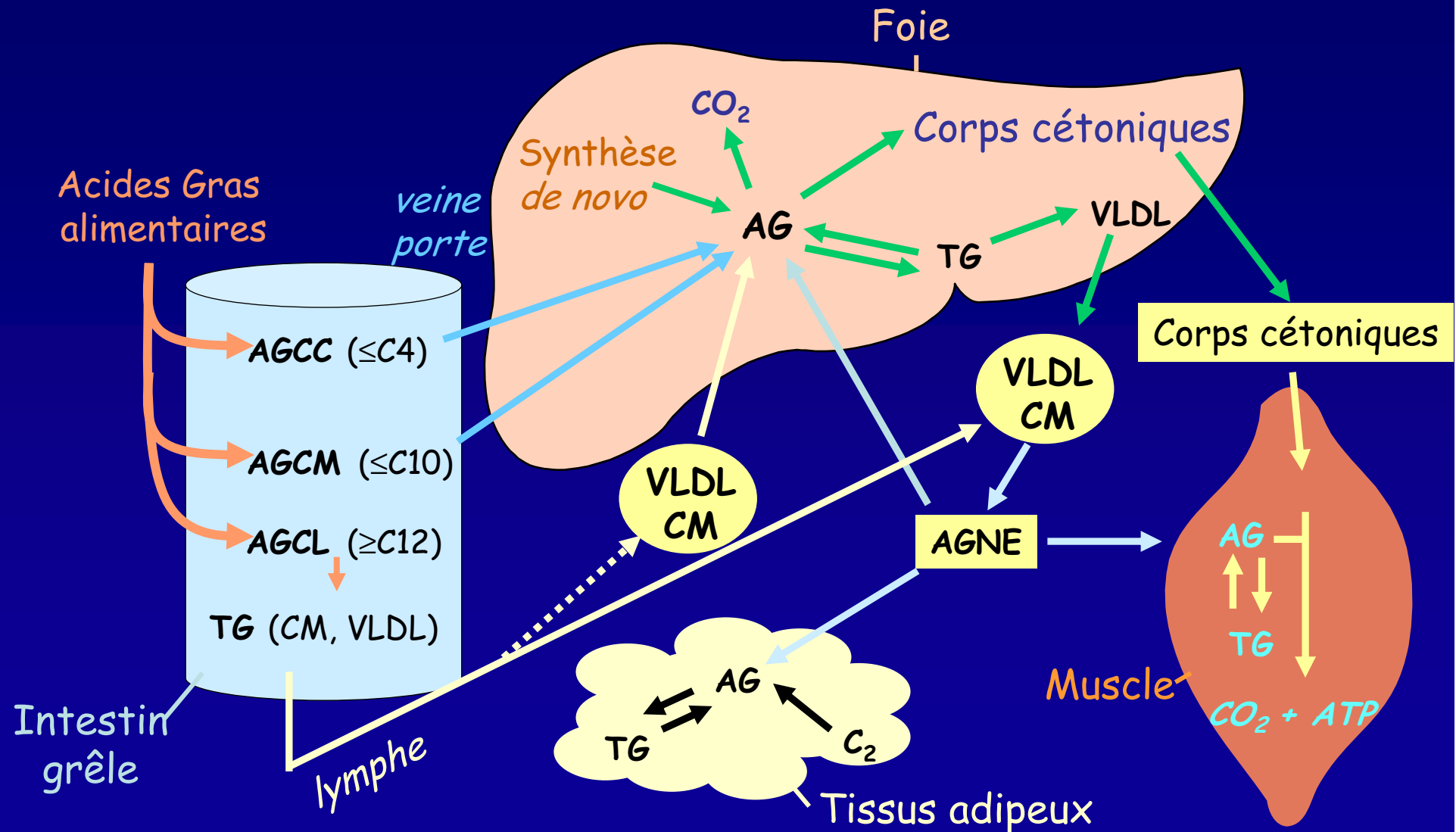
Digestion et transport sanguin des lipides et des acides gras chez le veau préruminant

Composition en AG des principales sources de lipides alimentaires du Veau



En général, digestibilité élevée > 90% (veau âgé de 1 mois ou plus)

Digestion, transport et métabolisme tissulaire des acides gras chez le Veau



Transport sanguin des acides gras alimentaires chez le Veau

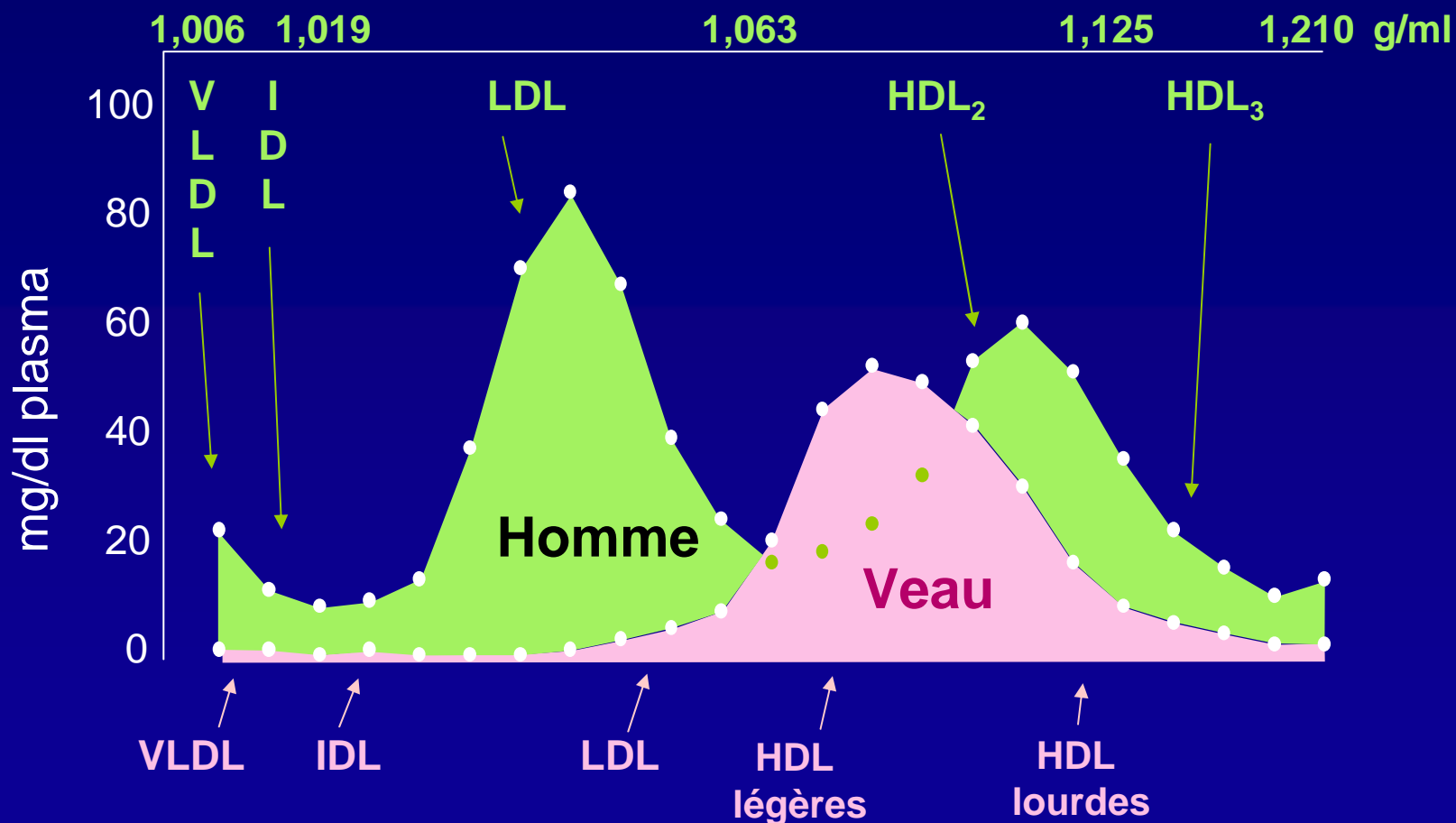
Effets des matières grasses alimentaires sur le
transport sanguin des acides gras dans les chylomicrons

	Matières grasses du lait		Triglycérides des chylomicrons	
	Suif	H. coprah	Suif	H. coprah
12:0	2,9	42,4	3,0 ^a	40,6 ^b
14:0	4,2	17,9	5,7 ^a	18,9 ^b
16:0	22,3	12,8	26,6 ^a	15,4 ^b
18:0	19,2	5,0	18,3 ^a	4,9 ^b
18:1 n-9	37,8	12,1	31,3 ^a	10,1 ^b
18:2 n-6	2,4	3,0	2,6 ^a	1,4 ^b

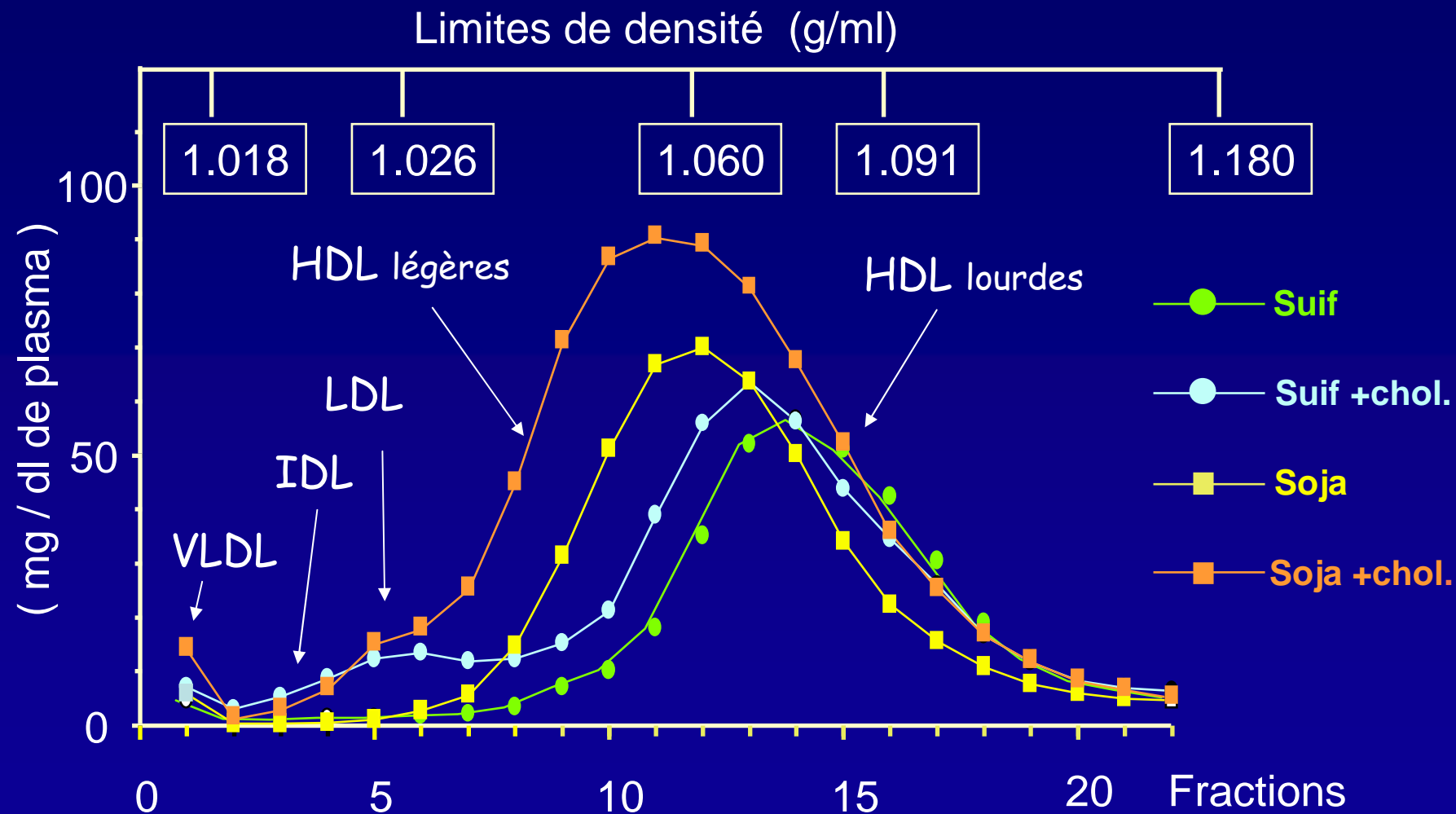
D'après Bauchart et al, 1999, INRA Prod. Anim., 12, 273-285.

Profils comparés des lipoprotéines plasmatiques humaines et de veau

Limites de densité des lipoprotéines humaines



D'après Bauchart (1993). J. Dairy Sci., 76, 3864-3881.



D'après Leplaix-Charlat et al, 1996, J. Dairy Sci., 79, 1267-1277.



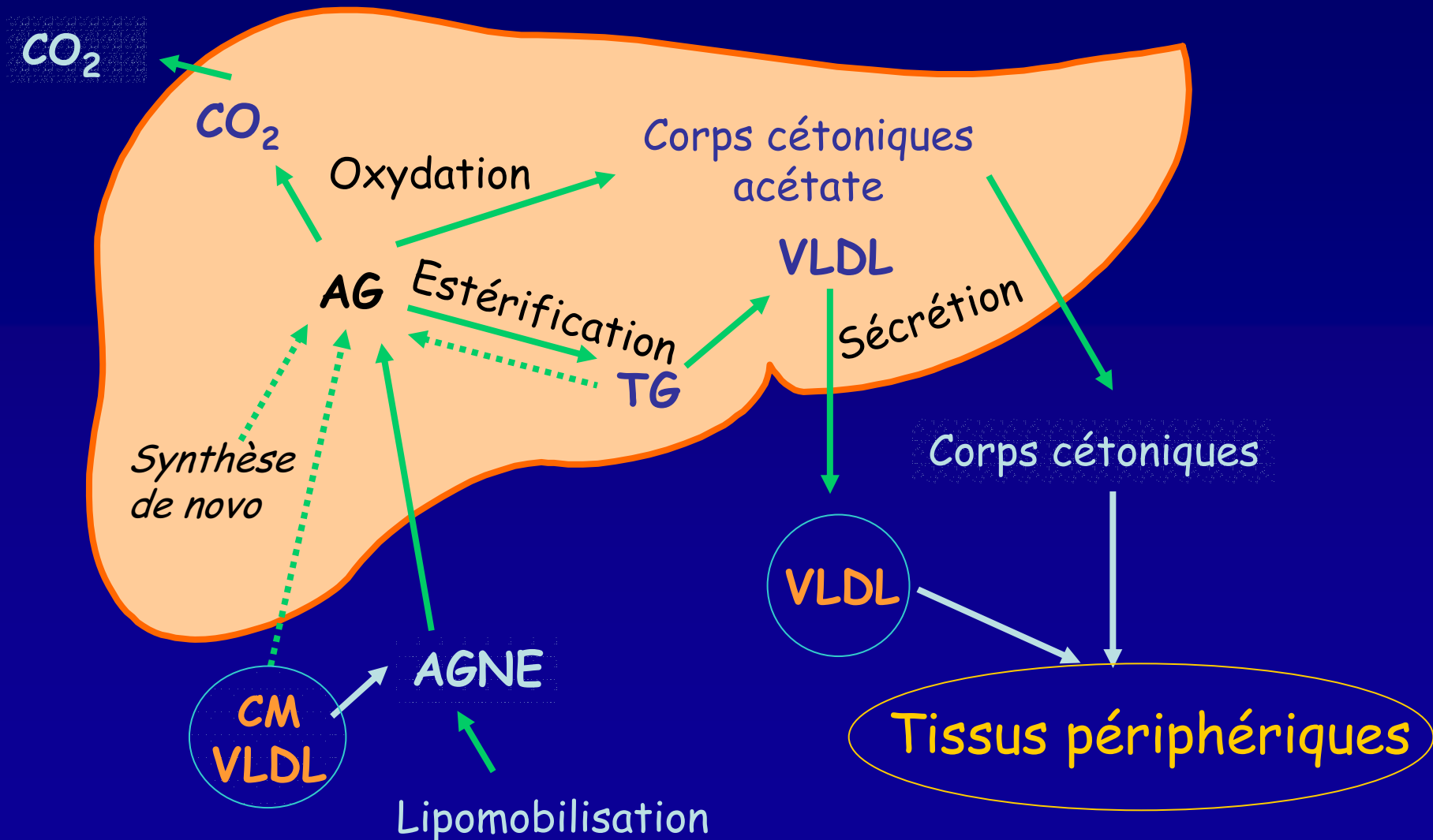
Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



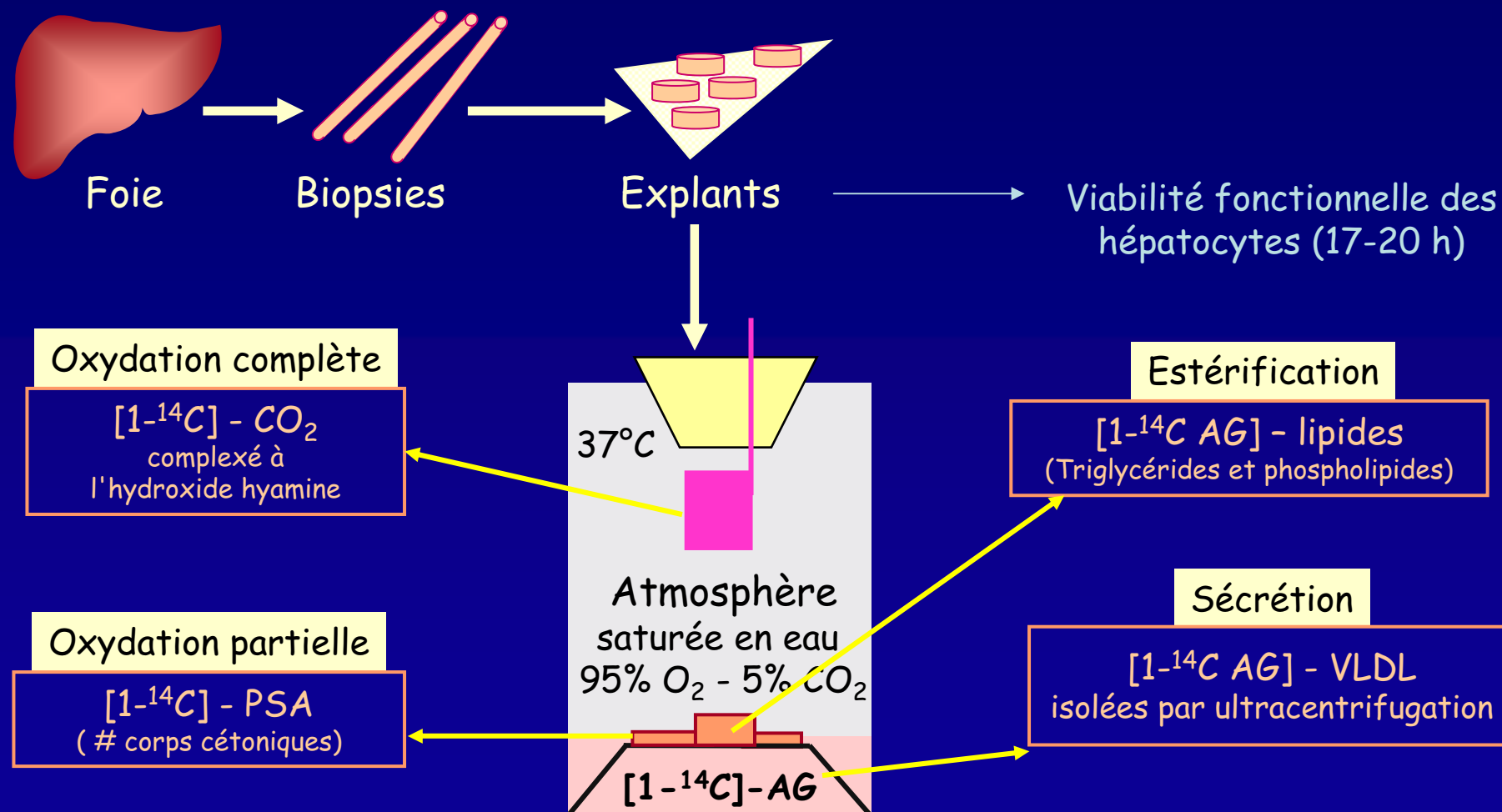
Unité de Recherches
sur les Herbivores

Métabolisme hépatique des lipides et des acides gras chez le veau préruminant

Voies du métabolisme hépatique des lipides chez le veau



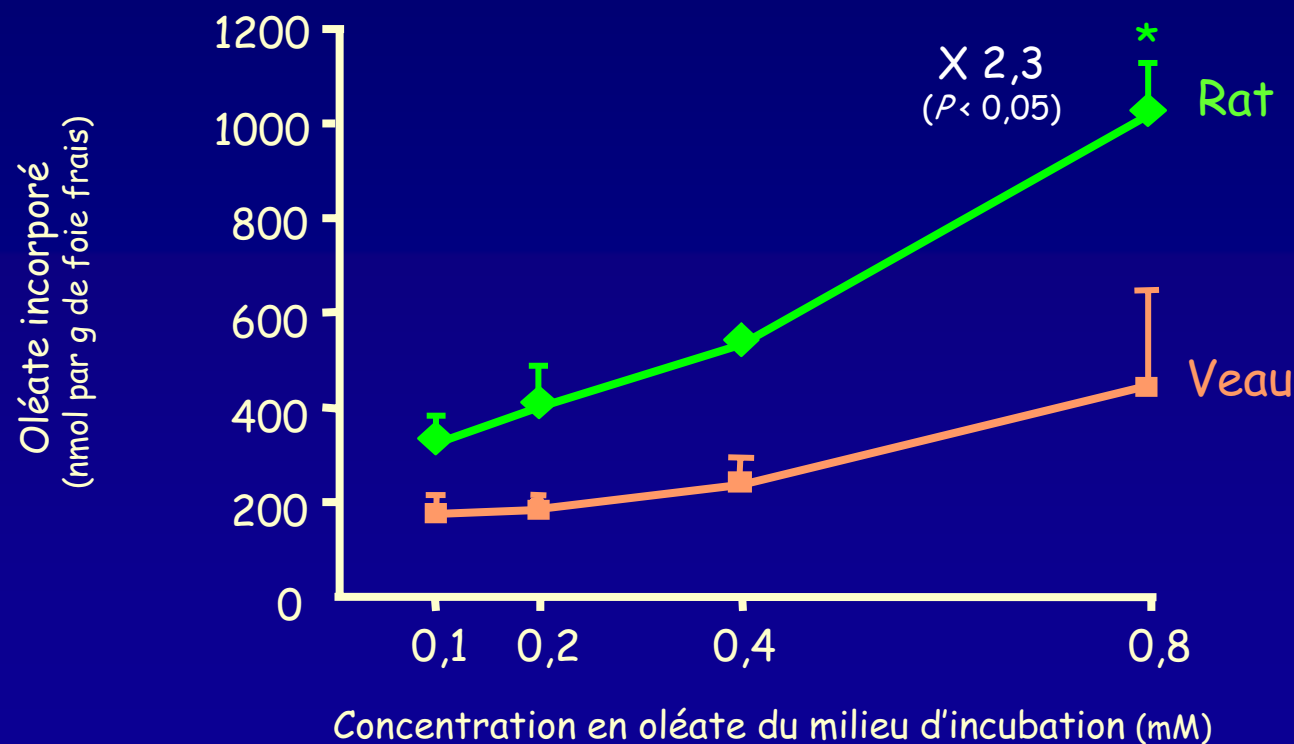
Méthode d'étude ex vivo du métabolisme des lipides et des acides gras du foie



PSA= Produits solubles dans l'acide

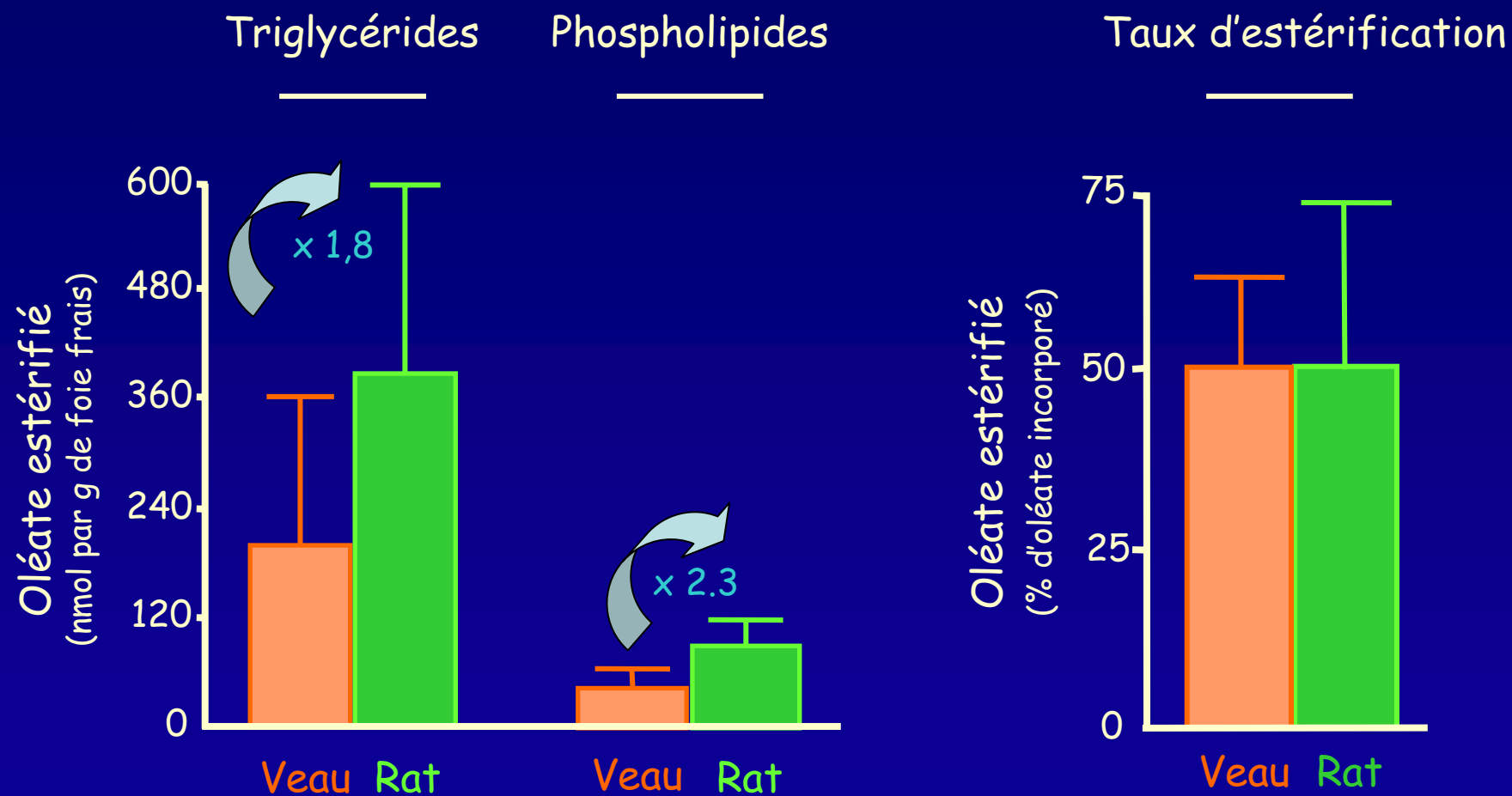
Capacité de captage des acides gras par le foie chez le veau et le rat

Taux de captage hépatique
de l'acide oléique (après 17 h d'incubation)



D'après Graulet et al, 1998. J. Biochem. 124, 1212-1219

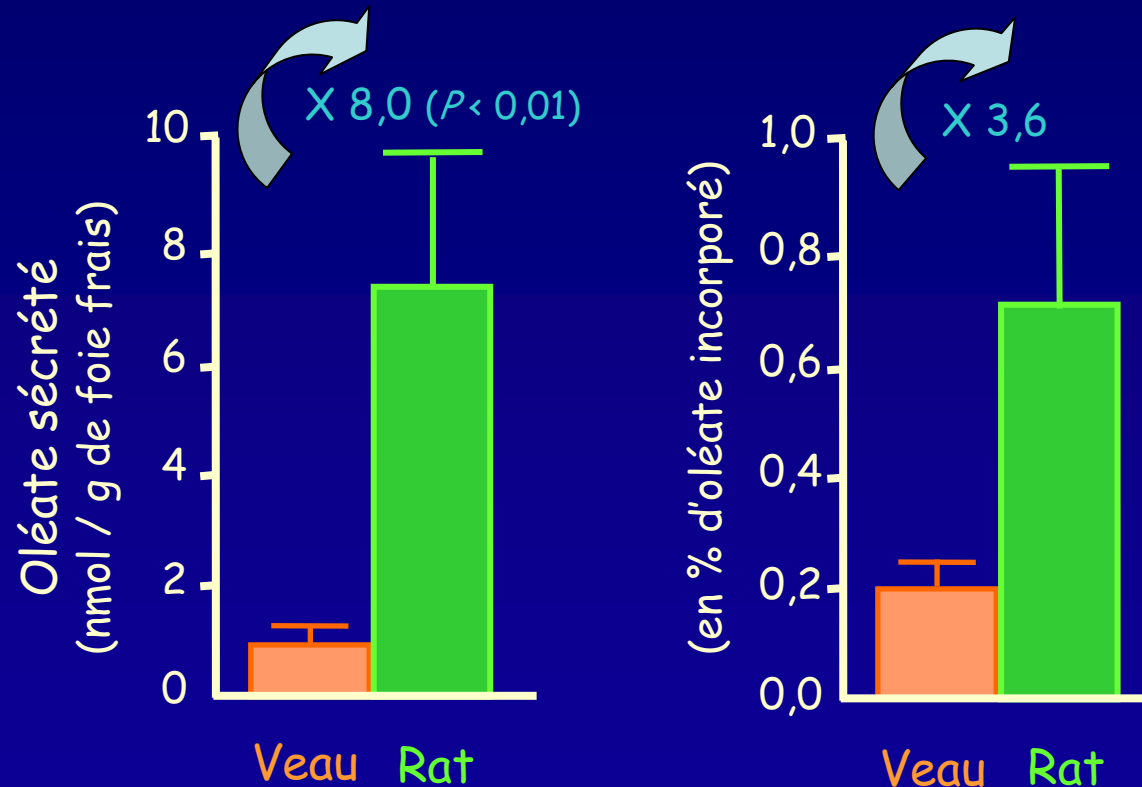
Capacité d'estérification des acides gras en triglycérides et phospholipides du veau et du rat



D'après Graulet et al, 1998. J. Biochem. 124, 1212-1219.

Sécrétion hépatique des lipides sous forme de VLDL chez le veau préruminant et le rat

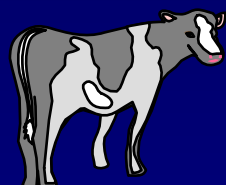
Capacité de sécrétion lipidique (VLDL)



D'après Graulet et al, 1998. J. Biochem. 124, 1212-1219

Effet du remplacement du suif par l'huile de coprah sur le transport et le métabolisme des acides gras du veau

Protocole expérimental



veaux âgés
d'une semaine

Suif (n = 7)

PV : $68,4 \pm 4,1$ kg
MSI : $1,21 \pm 0,04$ kg/j
GMQ : $0,82 \pm 0,09$ kg/j

Huile de coprah (n = 7)

PV : $67,8 \pm 2,1$ kg
MSI : $1,20 \pm 0,03$ kg/j
GMQ : $0,90 \pm 0,10$ kg/j

1,0 kg/j

1,1 kg/j

période
d'adaptation
(7 jours)

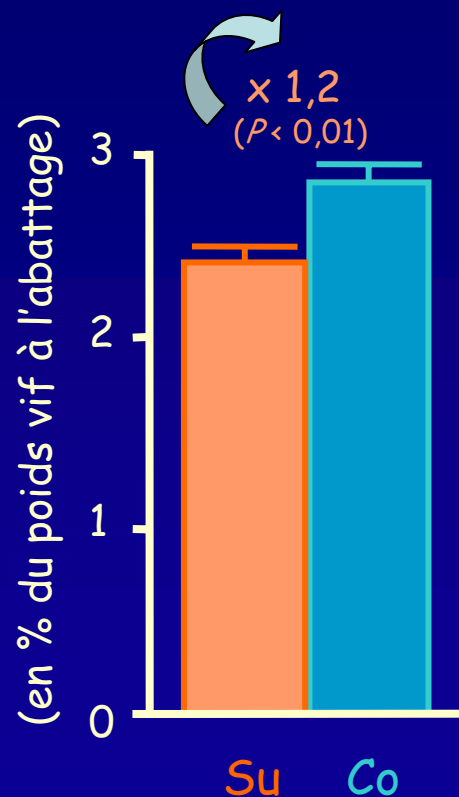
période
expérimentale
(19 jours)

D'après Graulet et al, 2000. Brit. J. Nut., 84, 309-318

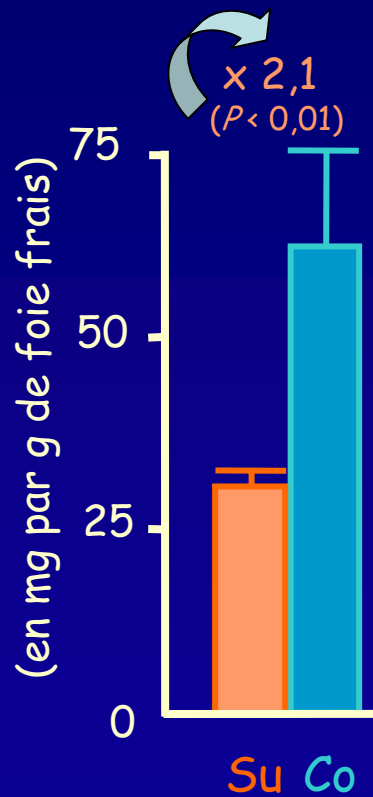
D. Bauchart et al, Métabolisme et Qualité des AG de la Viande, 4eme Symp. Int. Veau, St Malo, 8-9 Nov. 2006

Effet de l'huile de coprah sur l'infiltration lipidique du foie chez le veau préruminant

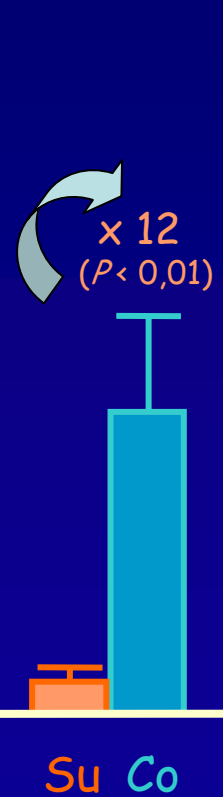
Poids du foie



Lipides t^x



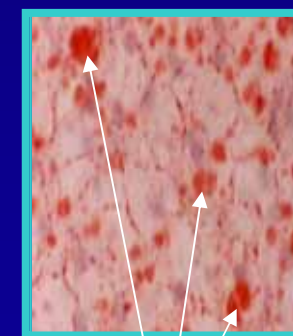
Triglycérides



Coupes histologiques de foie



Su



Co

Dépôts de triglycérides colorés à l'huile rouge

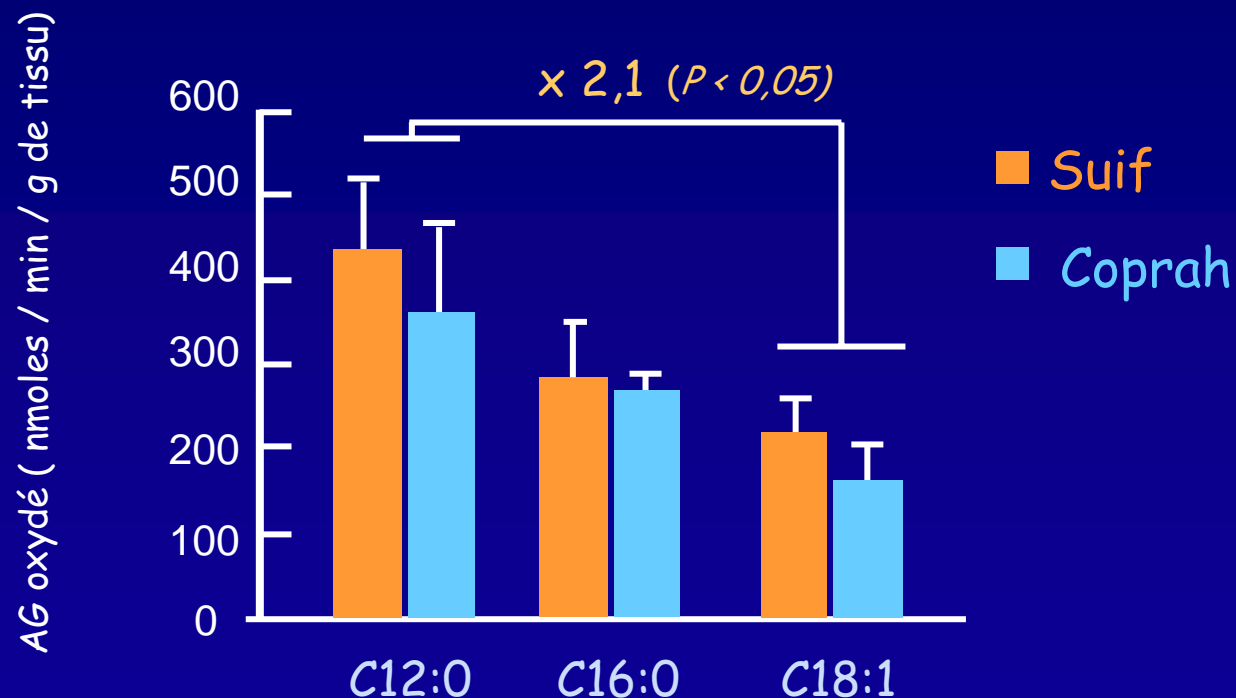
■ Suif

■ Coprah

D'après Graulet et al, 2000. Brit. J. Nut., 84, 309-318

Oxydation hépatique des AG en fonction de la longueur et l'insaturation de chaîne du veau

Oxydation des acides gras



D'après Piot et al, 1999, Br. J. Nut., 82, 299-308.

Effet de l'huile de coprah sur l'estérification des acides gras dans le foie chez le veau

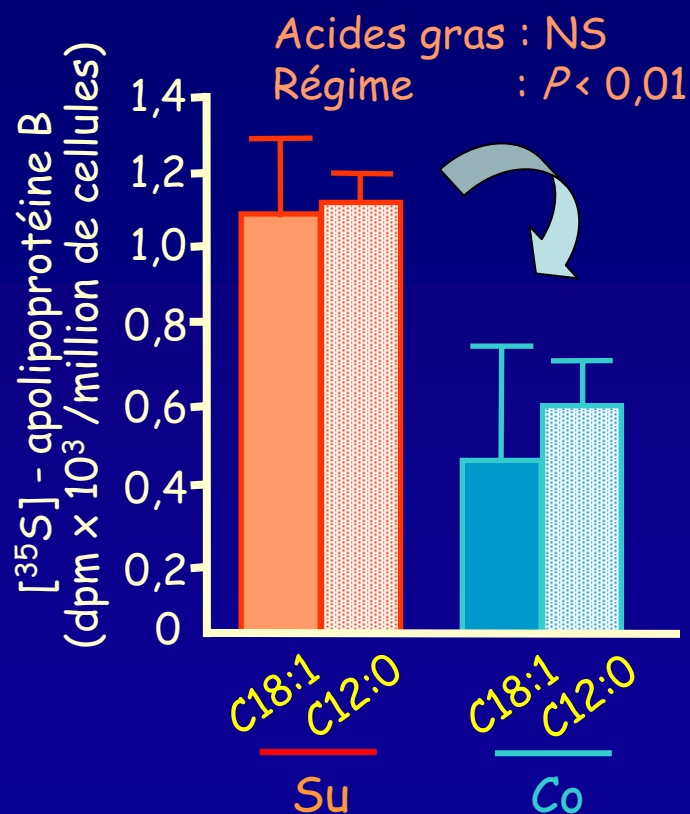
Taux d'estérification des acides gras
(nmol d'acide gras incorporé par g de foie)

		Lipides totaux	Phospholipides	Triglycérides
Suif	Oléate	$40,1 \pm 12,5^b$	$6,72 \pm 2,25$	$33,4 \pm 10,4^b$
	Laurate	$32,0 \pm 8,2^b$	$1,46 \pm 0,35$	$30,5 \pm 8,1^b$
H. coprah	Oléate	$105,5 \pm 22,5^a$	$3,13 \pm 0,80$	$102,4 \pm 22,3^a$
	Laurate	$80,7 \pm 10,5^{ab}$	$3,72 \pm 2,24$	$77,0 \pm 10,2^{ab}$
Effets	Régime	0,01	NS	0,01
	Acides gras	NS	NS	NS

D'après Graulet et al, 2000. Brit. J. Nut., 84, 309-318

Effet de l'huile de coprah sur la sécrétion des VLDL par le foie de veau

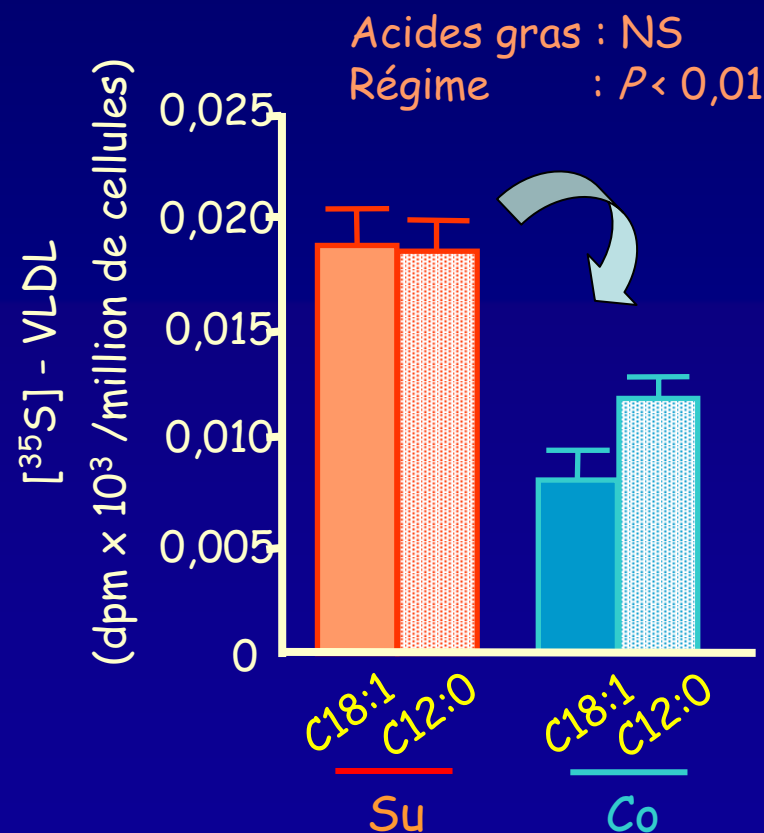
Synthèse d'apolipoprotéine B



■ Suif

■ H Coprah

Sécrétion de VLDL



D'après Graulet et al, 2000. Brit. J. Nut., 84, 309-318



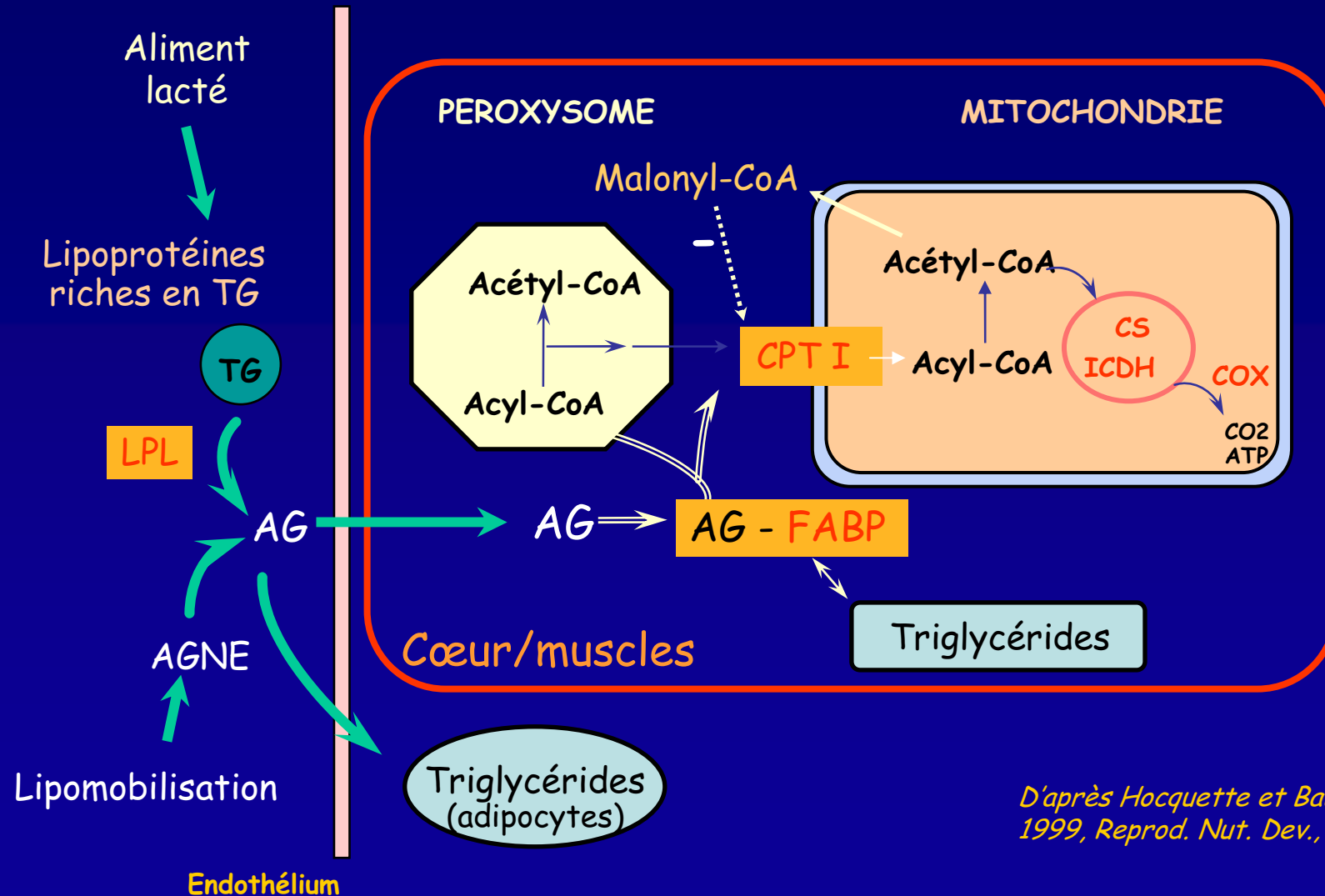
Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



Unité de Recherches
sur les Herbivores

Métabolisme tissulaire des lipides et des acides gras chez le veau préruminant

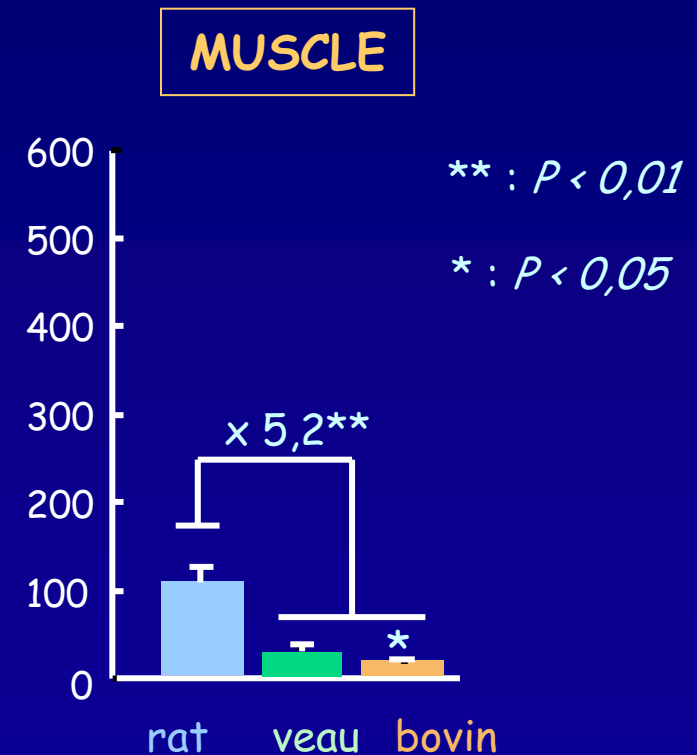
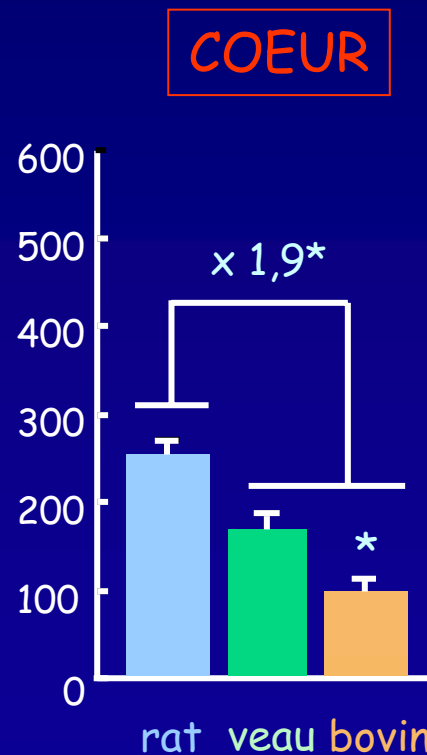
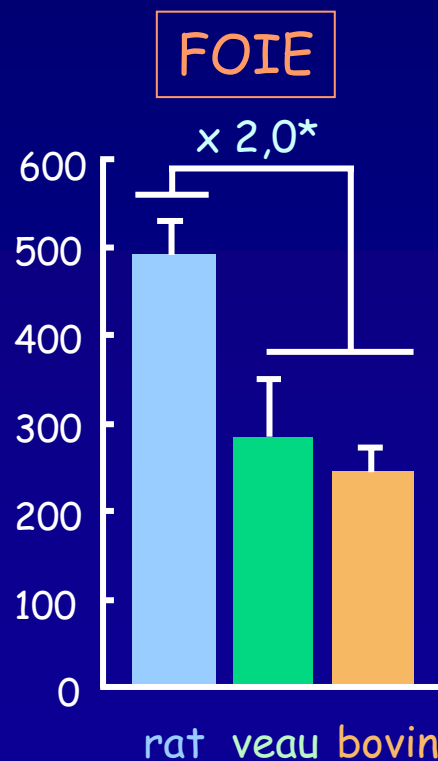
Métabolisme musculaire des acides gras



D'après Hocquette et Bauchart, 1999, Reprod. Nut. Dev., 39, 27-48.

Oxydation comparée des acides gras dans le foie et les muscles de veau

Oxydation du palmitate (16:0)



D'après Piot et al, 1998. Comp. Biochem. Physiol., 121, 69-78.

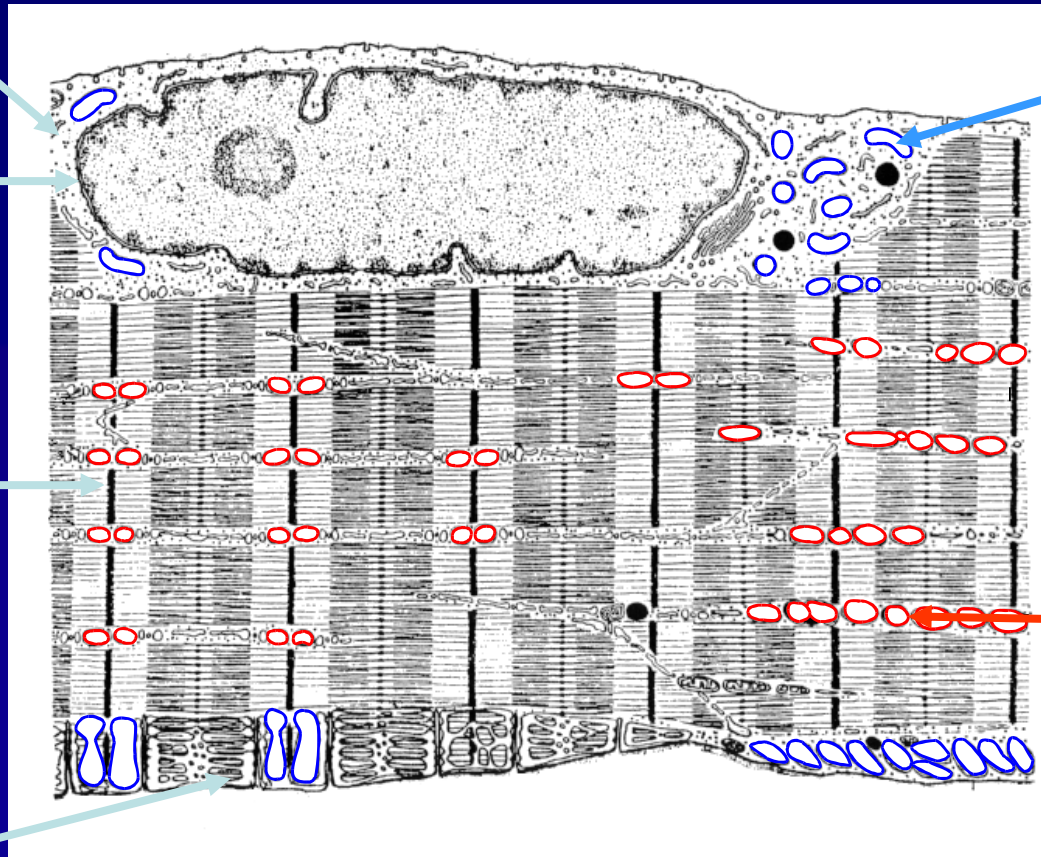
Les mitochondries du muscle de bovin

Sarcoplasme

Noyau

Myofibrilles

Réticulum
sarcoplasmique



mitochondries
subsarcolemmales (SS)

mitochondries
intermyofibrillaires (IM)

Effet de l'huile de coprah sur l'oxydation du palmitate par les mitochondries musculaires chez le veau

Oxydation du 16:0 par les mitochondries
subsarcolemmales et sarcosomales
(nmoles d'AG oxydées / min / mg de protéines mitochondriales)

	Suif	H. coprah
Coeur		
- SS	6,50	7,56
- IM	0,95	1,55
Rectus abdominis		
- SS	2,09	1,68
- IM	0,50	0,58
Longissimus thoracis		
- SS	1,90	2,14
- IM	0,44	0,87

SS : mitochondries subsarcolemmales

IM : mitochondries intermyofibrillaires

D'après Piot et al, 1999, Br. J. Nut., 82, 299-308.



Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France

Effet de l'huile de coprah sur les adipocytes et l'activité de leurs enzymes lipogeniques chez le veau



Unité de Recherches
sur les Herbivores

Régimes

Suif

H coprah

Volume des adipocytes (picoL)

55

65

Nombre d'adipocytes (10^6 cellules/g)

16,8

14,7

Activité d'enzymes lipogeniques (nmole/min/g):

- G6PDH

2128

2335

- Enzyme malique

324

344

- G3PDH

18555

15809

- Synthase des acides gras

60

59

D'après Bauchart et al, 1999, INRA Prod. Anim., 12, 273-285.



Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



Unité de Recherches
sur les Herbivores

Effets des lipides alimentaires sur les acides gras tissulaires chez le veau

Effets des lipides du lait sur les acides gras des triglycérides et phospholipides du foie

Acides gras des lipides du foie

	Triglycérides				Phospholipides			
	SU ¹	SO ¹	COH ²	COHM ²	SU ¹	SO ¹	COH ²	COHM ²
12:0	1,0	0,1	<u>5,0</u>	<u>4,5</u>	0,2	0,1	0,2	0,1
14:0	7,3	1,3	<u>40,8</u>	<u>42,3</u>	0,4	0,2	<u>2,4</u>	<u>1,9</u>
16:0	30,5	<u>6,9</u>	37,2	40,2	8,5	9,6	13,1	14,7
18:0	14,8	<u>1,4</u>	8,0	8,1	30,3	<u>14,1</u>	32,6	36,3
18:1 n-9	27,6	13,2	<u>4,1</u>	<u>2,1</u>	18,4	14,2	<u>31,2</u>	15,1
18:2n-6	5,2	<u>52,1</u>	<u>0,1</u>	<u>0,9</u>	19,4	<u>44,6</u>	<u>3,2</u>	16,3
18:3n-3	0,4	<u>3,9</u>	0	0	1,9	2,0	0,3	0,3

SU = suif, SO = soja; COH = coprah hydrog.; M = maïs D'après ¹Leplaix Charlat, 1995; ²Jenkins & Kramer, 1986

Variation de la composition en acides gras de la viande en fonction du type d'herbivore

Composition en acides gras des lipides de la viande de veau comparée à celles du bovin ruminant, du cheval et du lapin

	Veau ¹	Bovin ²	Cheval ³	Lapin ⁴
16:0	23,6	25,7	23,4	27,9
18:0	<u>15,8</u>	<u>15,8</u>	5,4	7,5
18:1	<u>32,5</u>	<u>34,7</u>	25,2	24,2
18:2n-6	5,9	5,8	<u>18,1</u>	<u>23,5</u>
18:3n-3	0,3	0,7	<u>5,1</u>	2,4
n-6/n-3	<u>18,4</u>	<u>4,2</u>	1,5	<u>5,9</u>
AGPI/Sat	0,2	0,2	<u>1,2</u>	<u>0,9</u>

D'après Bauchart et al, 1999 (veau alimenté au suif): *INRA Prod. Anim.*, 12, 273-285; ²d'après Bauchart et al. (2005), *EAAP Publ.*, 112, 431-436; ³d'après Payne (1971), *J. Sci. Fd. Agric.* 22, 320-322; ⁴d'après Combes (2004), *INRA Prod. Anim.* 17, 373-383

Effets des lipides du lait sur les acides gras des lipides du muscle de veau préruminant

Acides gras des lipides du muscle *Rectus abdominis*

	Triglycérides			Phospholipides		
	SU ¹	SO ¹	CO ²	SU ¹	SO ¹	CO ²
12:0	0,4	0,4	<u>9,5</u>	0,4	0,4	<u>2,5</u>
14:0	5,1	1,5	<u>17,1</u>	0,8	0,5	<u>2,4</u>
16:0	<u>27,0</u>	15,2	<u>29,0</u>	10,2	10,1	12,5
18:0	15,5	8,1	10,9	17,2	17,1	13,8
18:1 n-9	<u>33,3</u>	26,5	22,5	<u>29,3</u>	13,2	22,4
18:2n-6	2,2	<u>34,1</u>	1,2	20,6	<u>35,4</u>	13,4
18:3n-3	0,2	<u>2,0</u>	0,1	0,8	1,0	0,9

SU = suif, SO = soja; CO = coprah;

D'après ¹Leplaix Charlat, 1995; ²Bauchart et al, 1999

Effets des lipides du lait sur les acides gras des lipides du muscle chez le veau allaitant

Effets de l'alimentation de la mère chez le veau Salers allaitant

Muscle *Rectus abdominis*

<i>Régimes</i>	Veau Pr. ¹ (lait suif)	Veau allaitant ²			
		FBC	FHC	HBC	HHC
Σ AG saturés	48,1	47,7	48,3	46,6	49,4
Σ AG monoinsaturés	43,4	31,9 ^{ab}	28,9 ^b	33,5 ^a	32,9 ^a
Σ AG polyinsaturés	8,5	14,2	16,2	13,1	12,3
AGPI n-6/ AGPI n-3	18,4	<u>4,3^b</u>	5,1 ^{ab}	<u>3,6^b</u>	5,7 ^a
AGPI/saturés	0,18	<u>0,32</u>	<u>0,36</u>	0,29	0,26

Alimentation de la mère : F= foin ; H = herbe; BC= bas niveau de concentré; HC= haut niveau de concentré

D'après Bauchart et al, 1999, INRA Prod. Anim., 12, 273-285 ; Serrano et al, 2006, Anim. Res. (accepté)



*Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France*



*Unité de Recherches
sur les Herbivores*

Conclusion

En conclusion (1)

Chez le veau préruminant,

- ❑ le système de transport sanguin des lipides (lipoprotéines) est très voisin de celui du bovin à l'état de ruminant (domination des HDL, faible représentation des LDL),
- ❑ il s'en distingue après le repas par la présence de chylomicrons chargés des AG alimentaires (de longueur égale ou supérieure à 12C),
- ❑ l'emploi de sources lipidiques (variant par la longueur et l'insaturation de leurs AG) influence les performances du veau en relation avec le métabolisme lipidique du foie,
- ❑ l'utilisation d'huile de coprah (riche en C12:0) ou de soja (riche en 18:2n-6) comme seule source lipidique alimentaire induit une stéatose hépatique (par stimulation de l'estérification en triglycérides et baisse de leur sécrétion sous forme de lipoprotéines de type VLDL) très préjudiciable à la santé du veau.

En conclusion (2)

- ❑ Au niveau tissulaire, l'oxydation des AG (principalement par les mitochondries subsarcolemmales) est plus élevée dans le foie que dans les muscles mais reste peu influencée par les AG alimentaires à 12 et 14 C (huile de coprah)
- ❑ de même au niveau des tissus adipeux, ces AG saturés ne modifient pas le nombre ou le volume des adipocytes, ni leur activité lipogénique,
- ❑ l'emploi de lipides riches en AGPI n-6 (huile de maïs ou de soja) doit être réalisé avec mesure car (outre l'induction de stéatose du foie) il élève dans la viande le rapport n-6/n-3, déjà trop élevé dans l'alimentation humaine,
- ❑ en revanche, l'introduction d' AGPI n-3 (huile de lin ou de colza) dans le lait du veau peut améliorer l'équilibre n-6/n-3 de la viande (comme pour les autres espèces animales comme le porc, la volaille ou le bovin),
- ❑ mais les AGPI n-3 doivent être employés seulement à faible dose (< 5% des lipides alimentaires) et avec des antioxydants (forte sensibilité à la peroxydation).