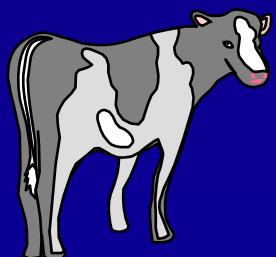


Métabolisme lipidique et qualité des acides gras de la viande chez le veau préruminant

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 corticosurrénaliennes
 - 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

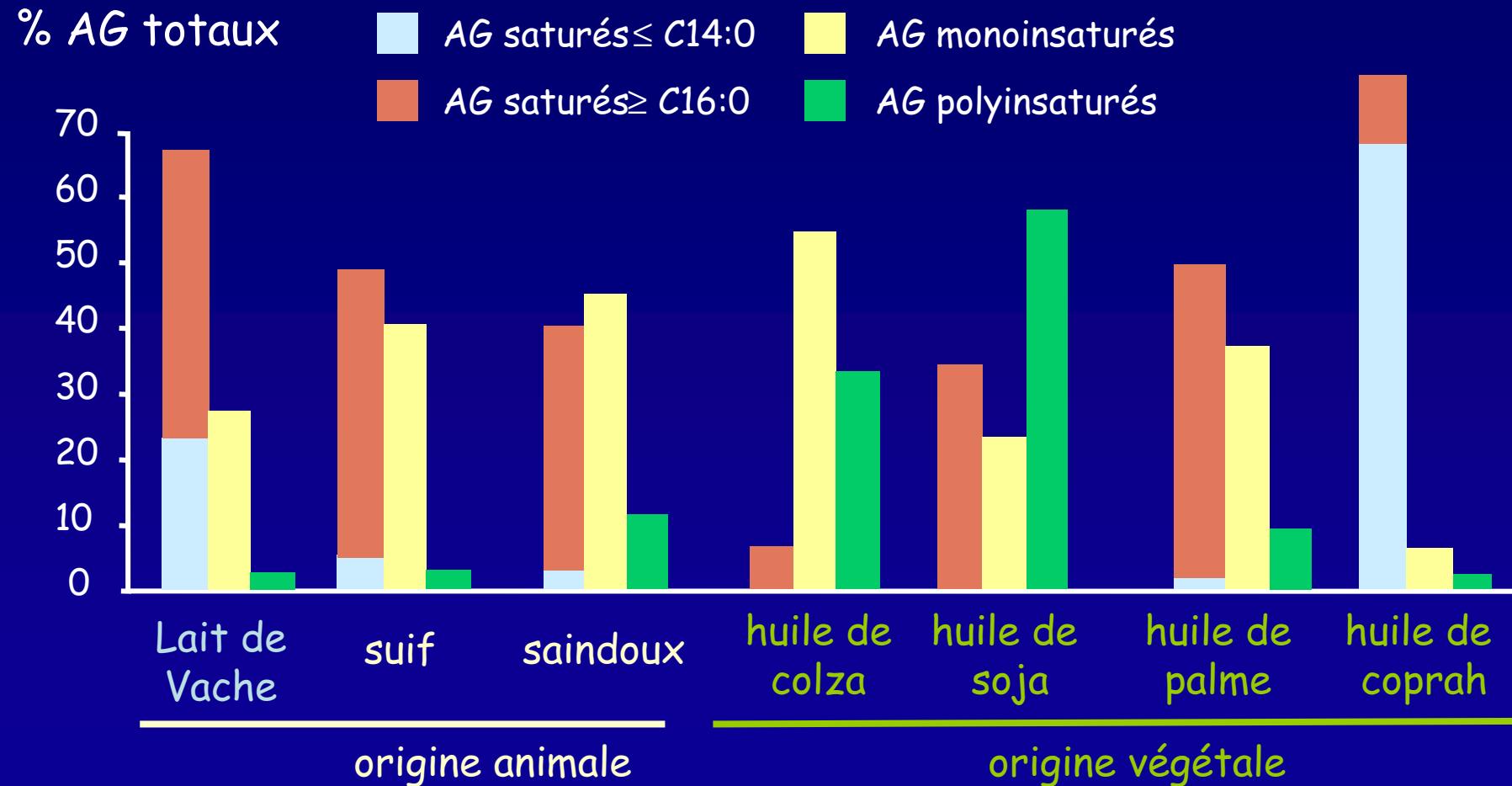


Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



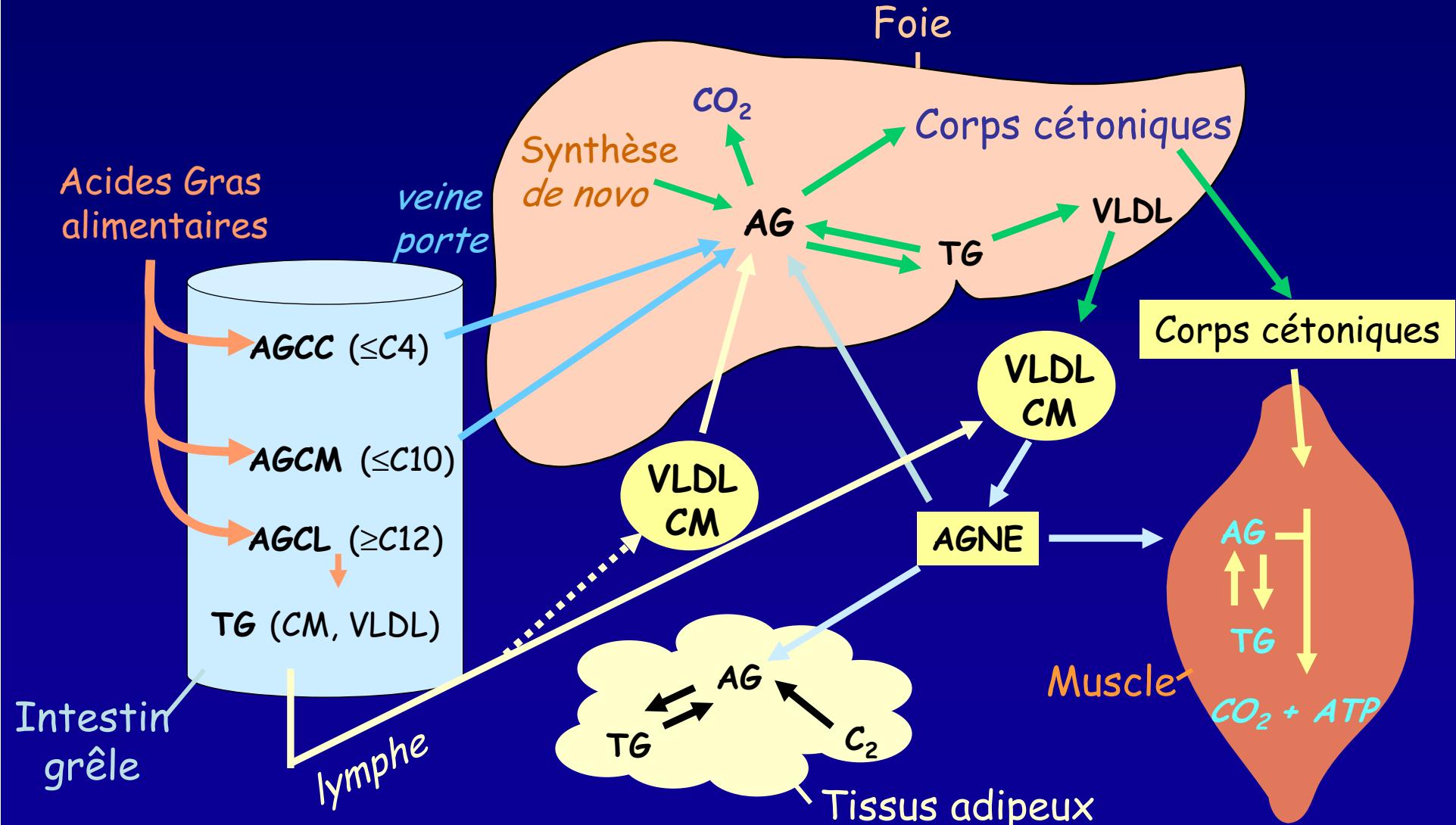
Unité de Recherches
sur les Herbivores

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



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

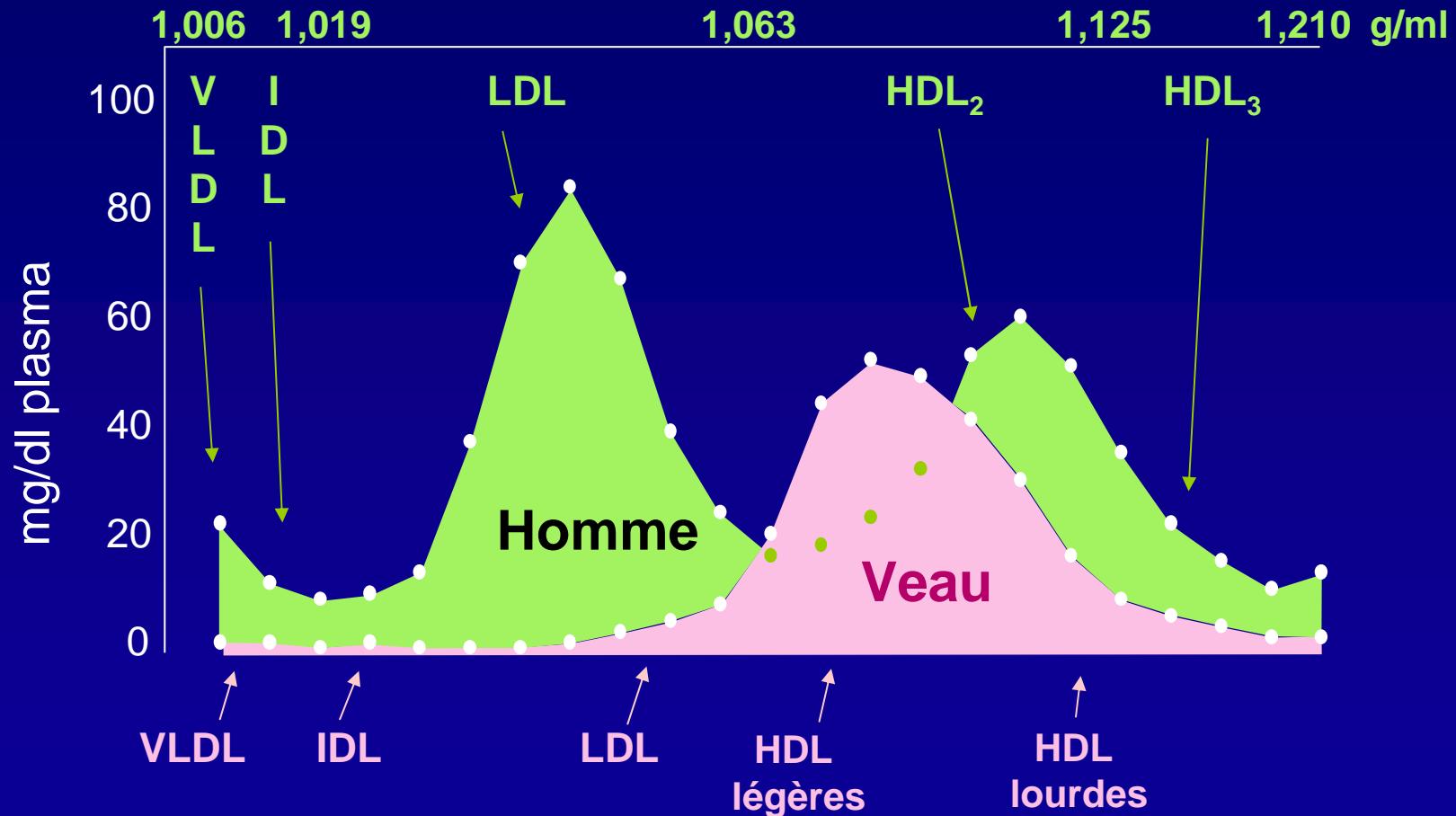
	Matières grasses du lait		Triglycérides des chylomicrons	
	Suif	H. coprah	Suif	H. coprah
12:0	2,9	42,4	3,0 ^a	40,6 ^b
14:0	4,2	17,9	5,7 ^a	18,9 ^b
16:0	22,3	12,8	26,6 ^a	15,4 ^b
18:0	19,2	5,0	18,3 ^a	4,9 ^b
18:1 n-9	37,8	12,1	31,3 ^a	10,1 ^b
18:2 n-6	2,4	3,0	2,6 ^a	1,4 ^b

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

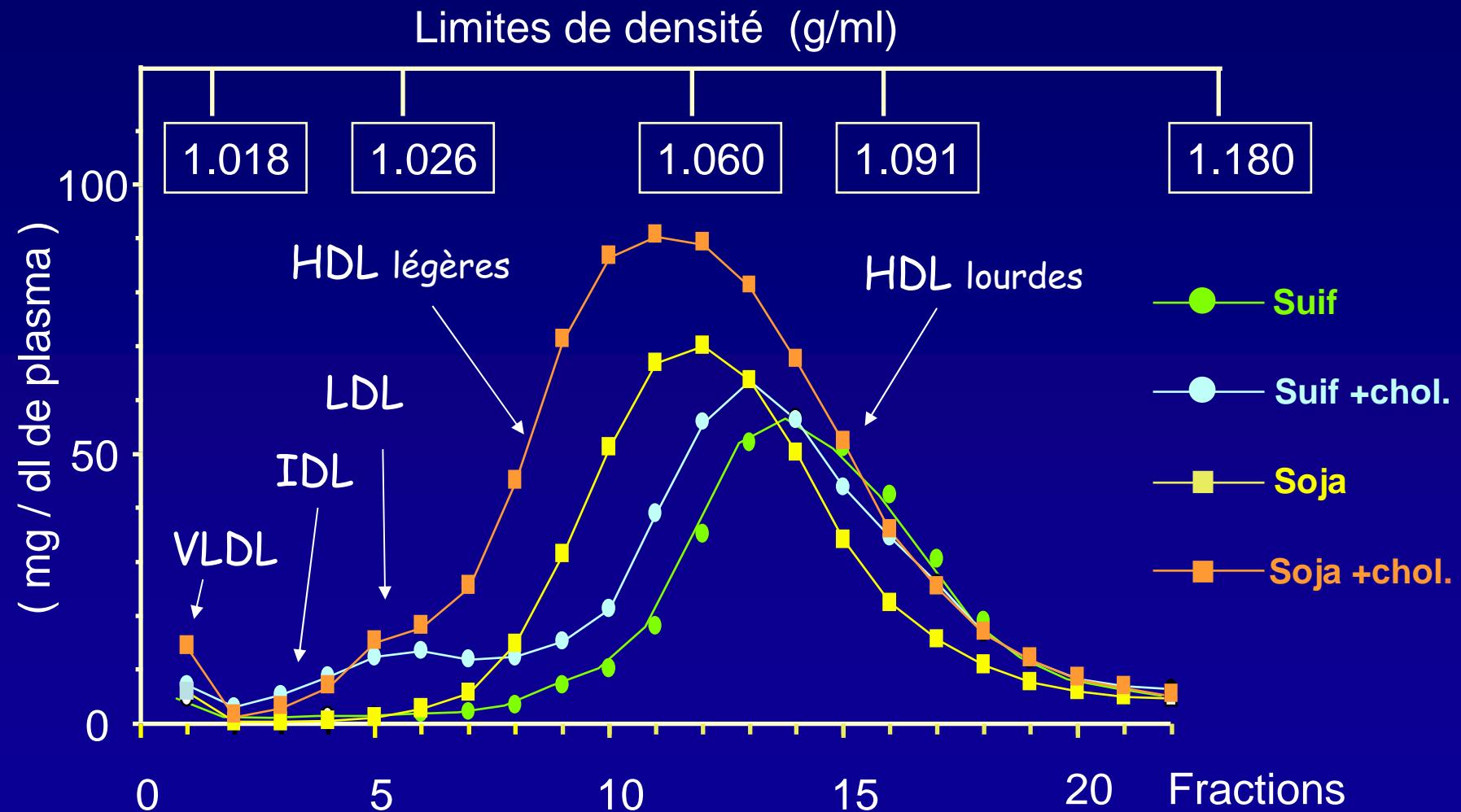
D. Bauchart et al, Métabolisme et Qualité des AG de la Viande, 4eme Symp. Int. Veau, St Malo, 8-9 Nov. 2006

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..



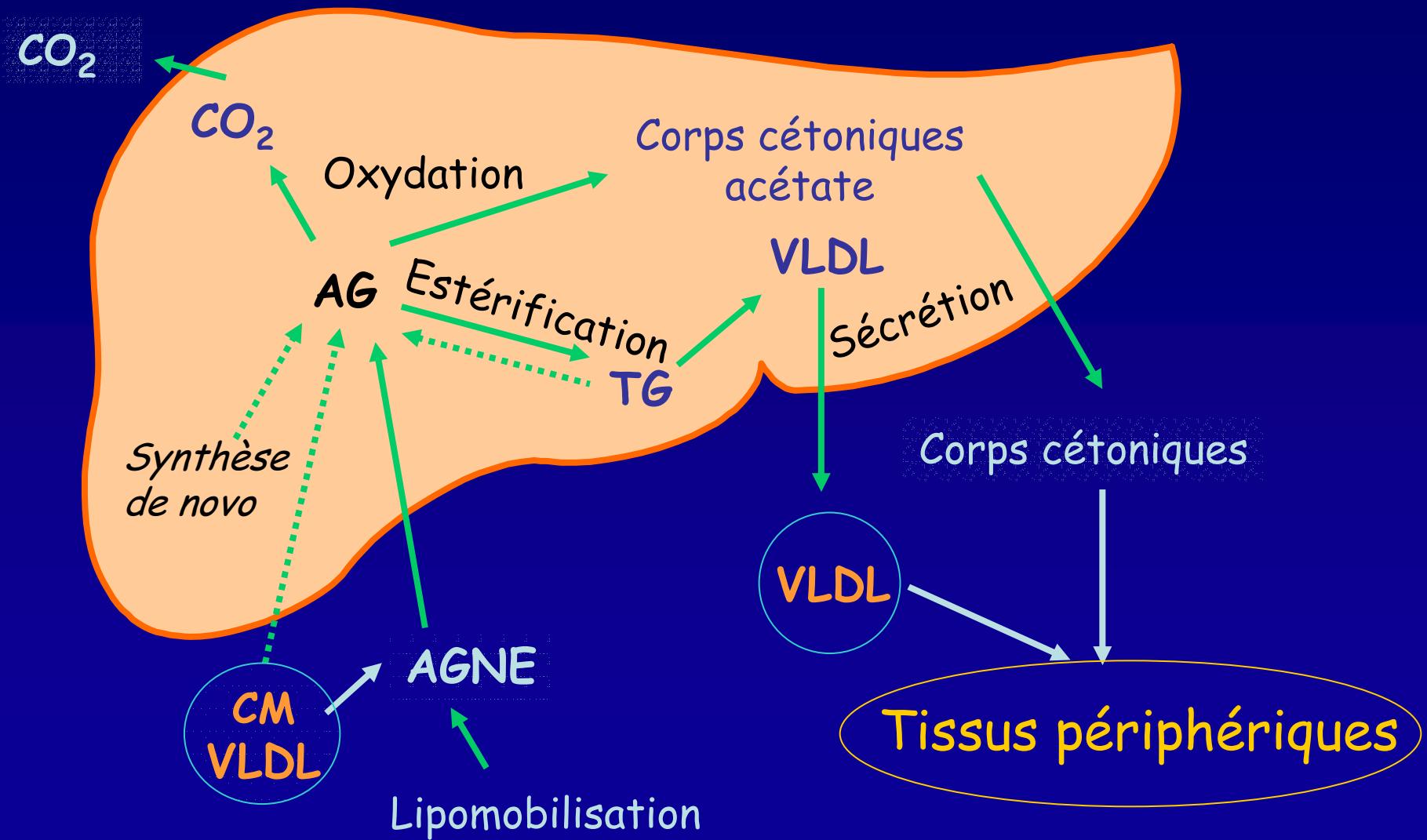
Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



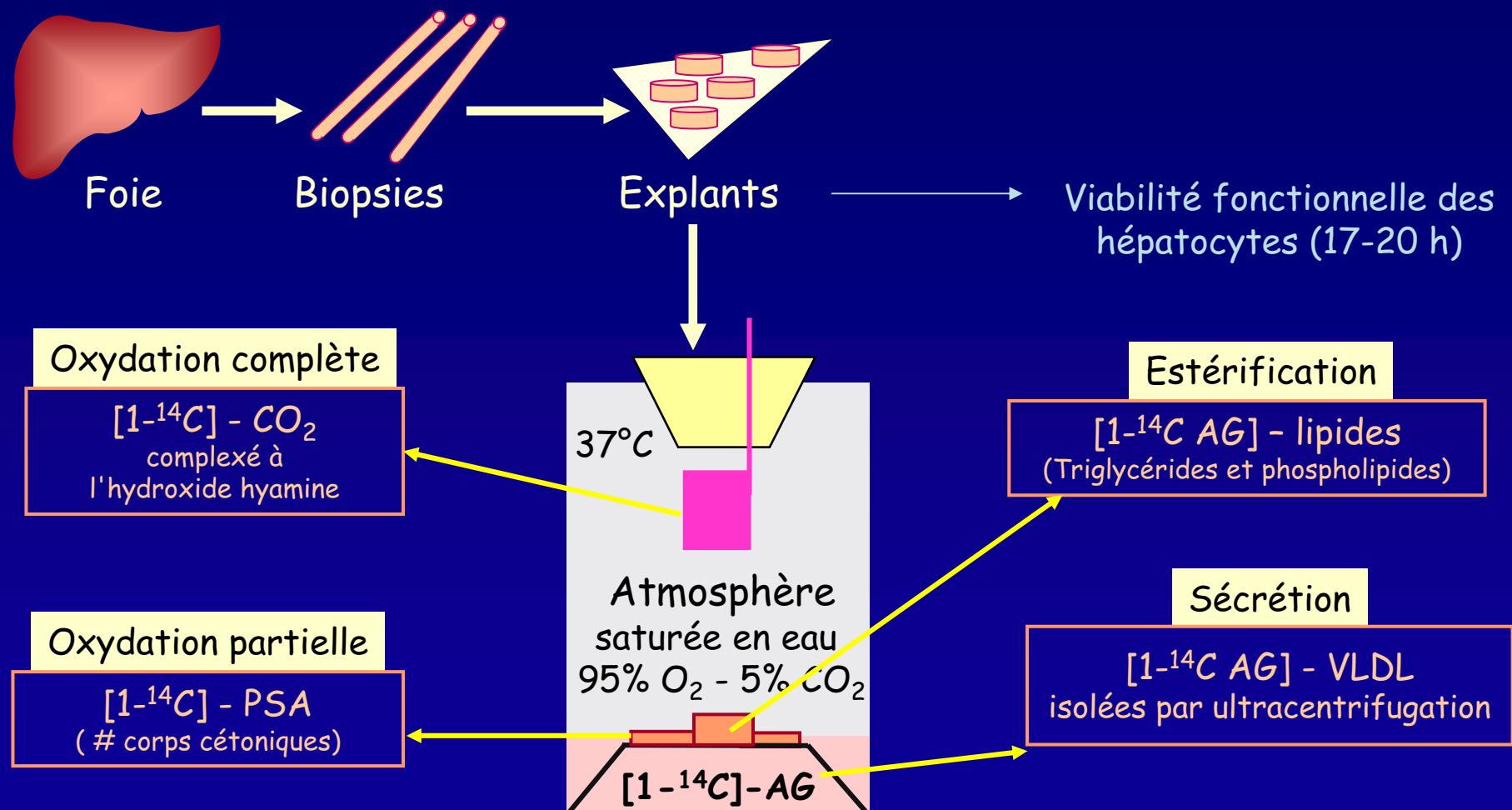
Unité de Recherches
sur les Herbivores

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

Voies du métabolisme hépatique des lipides chez le veau

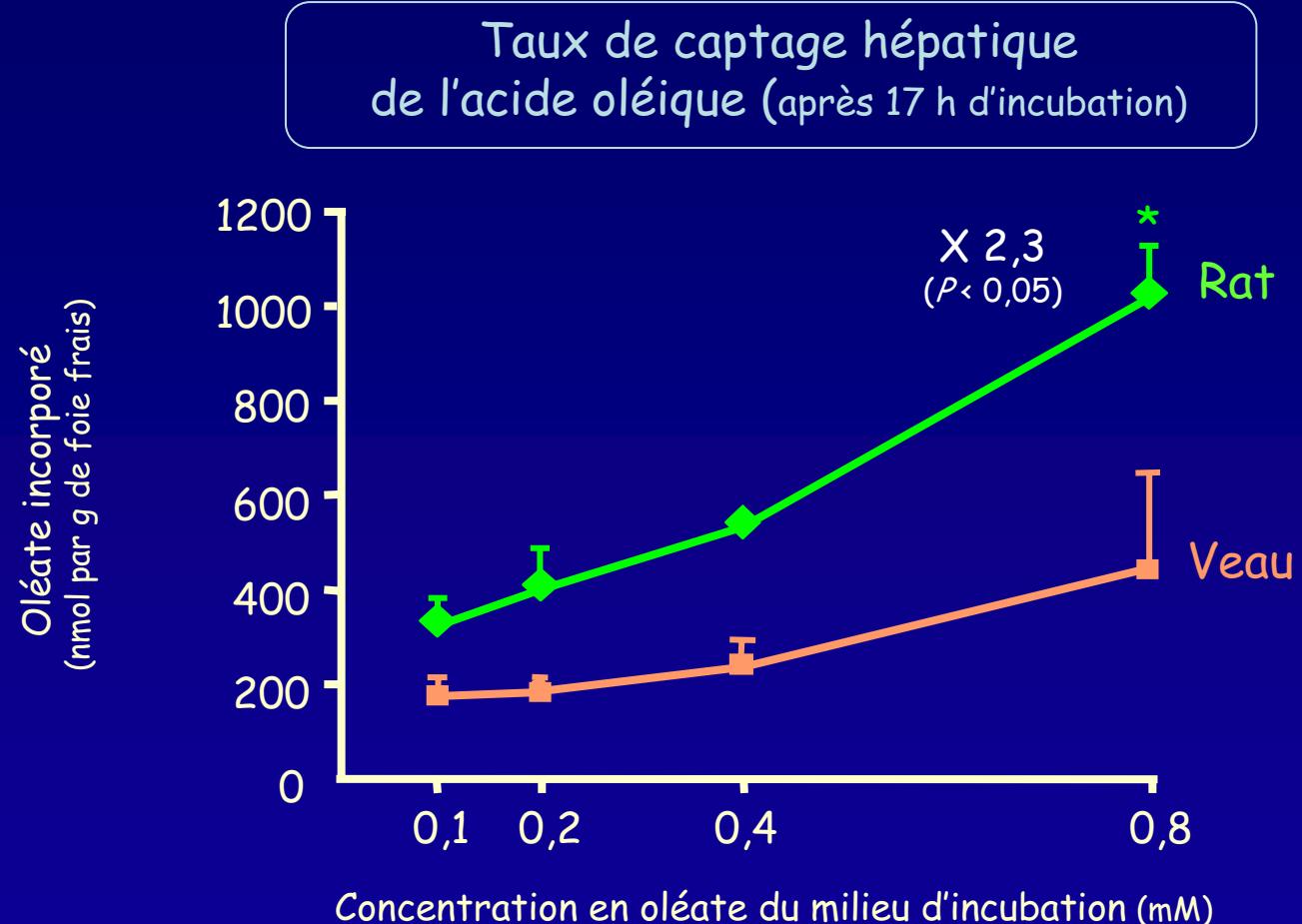


Méthode d'étude *ex vivo* du métabolisme des lipides et des acides gras du foie

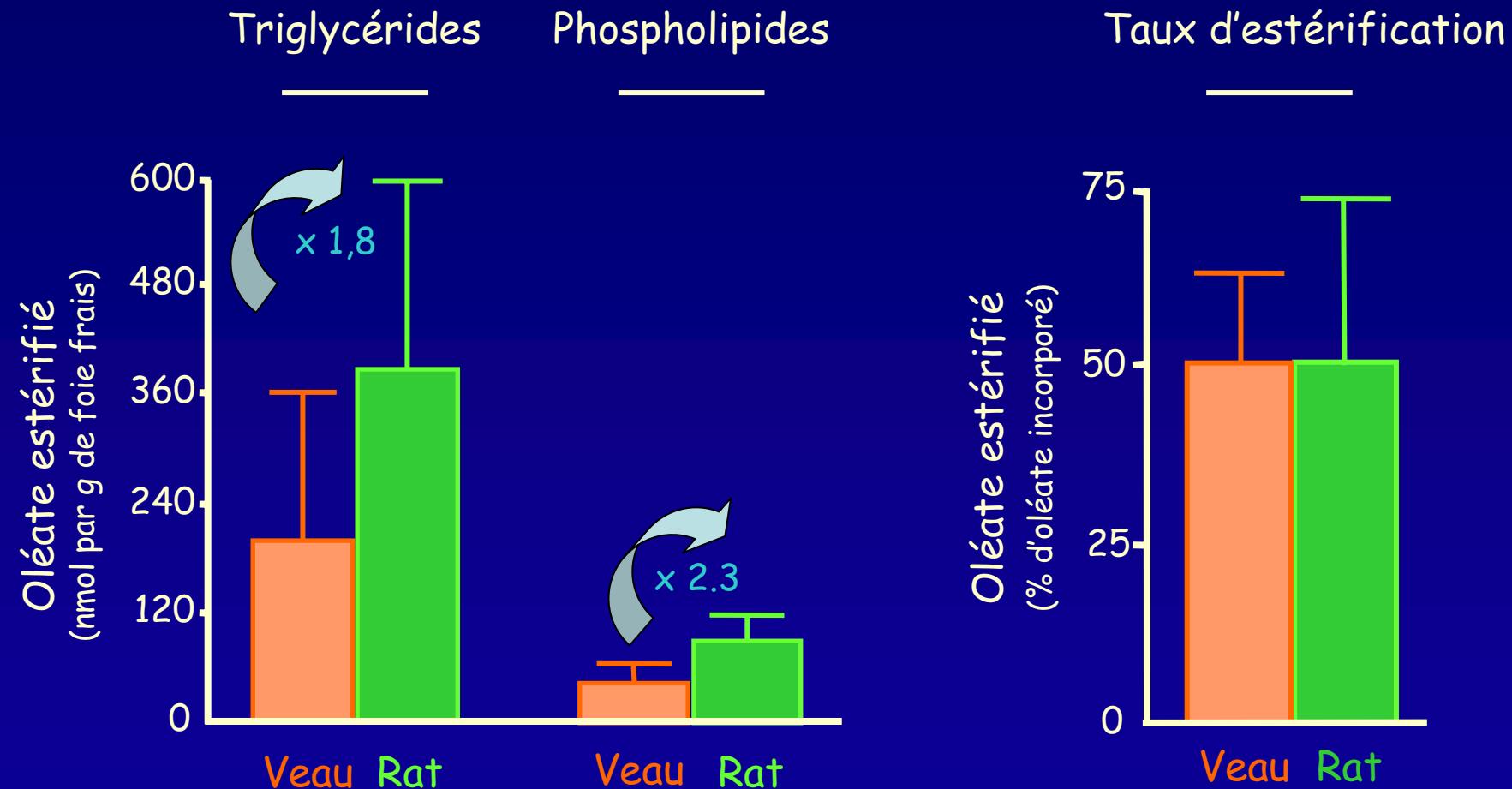


PSA= Produits solubles dans l'acide

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



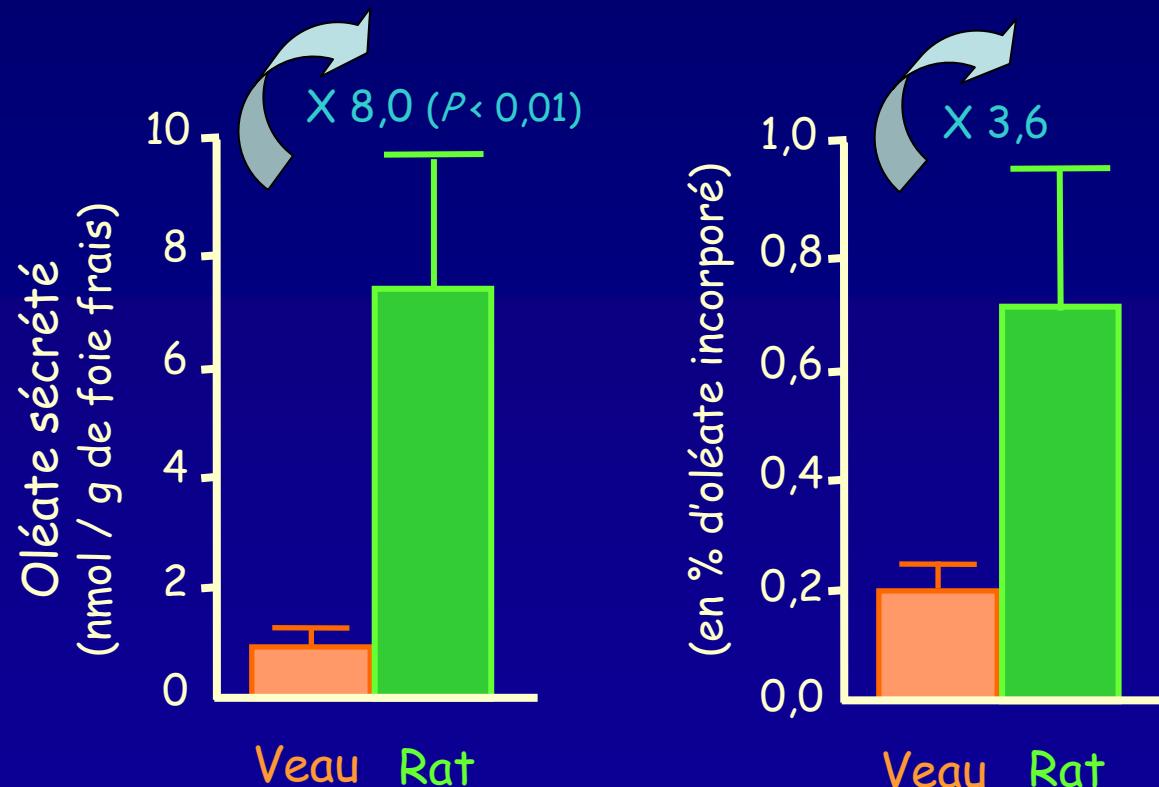
D'après Graulet et al, 1998. J. Biochem. 124, 1212-1219



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

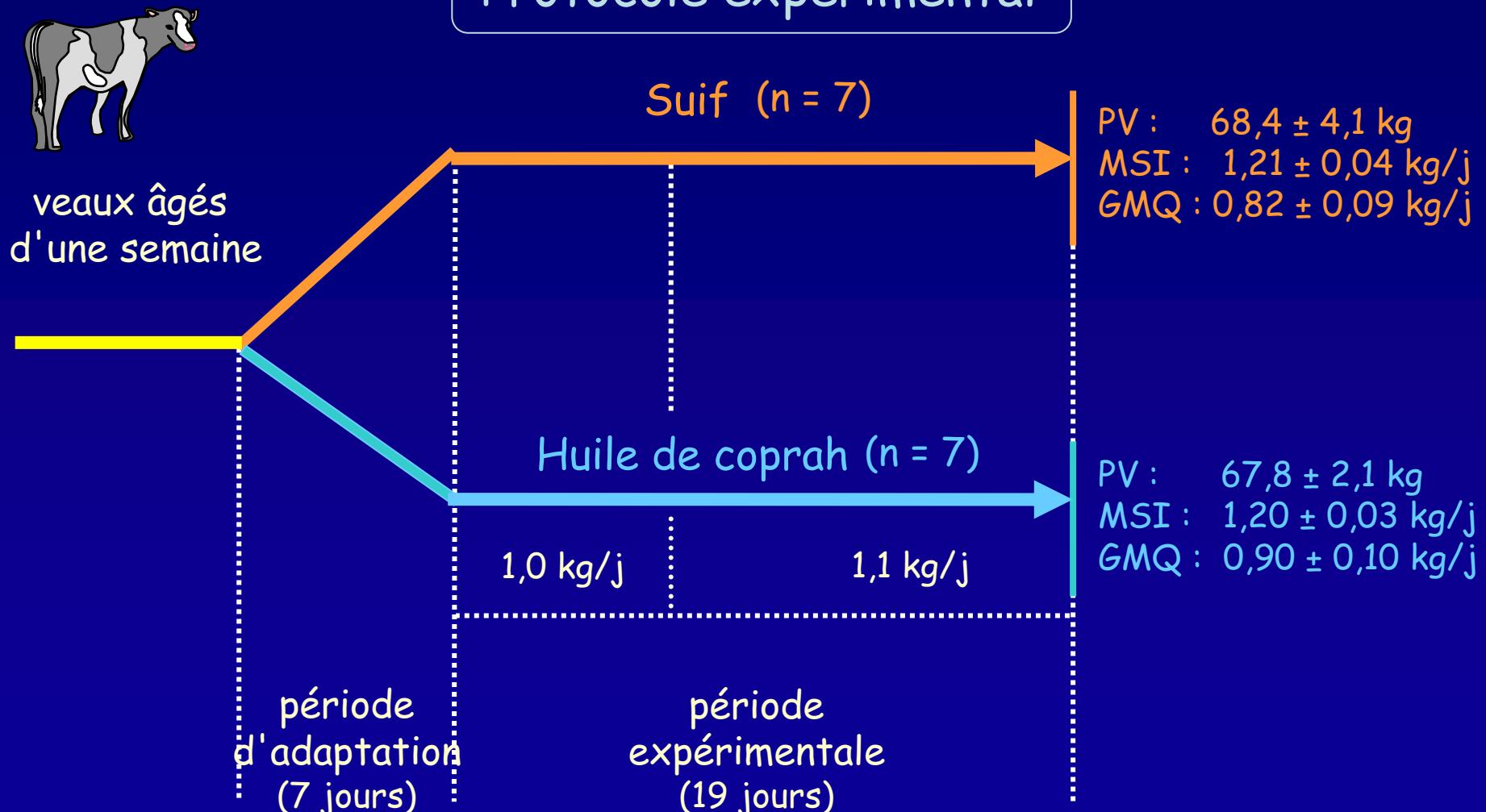
Sécrétion hépatique des lipides sous forme de VLDL chez le veau préruminant et le rat

Capacité de sécrétion lipidique (VLDL)



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

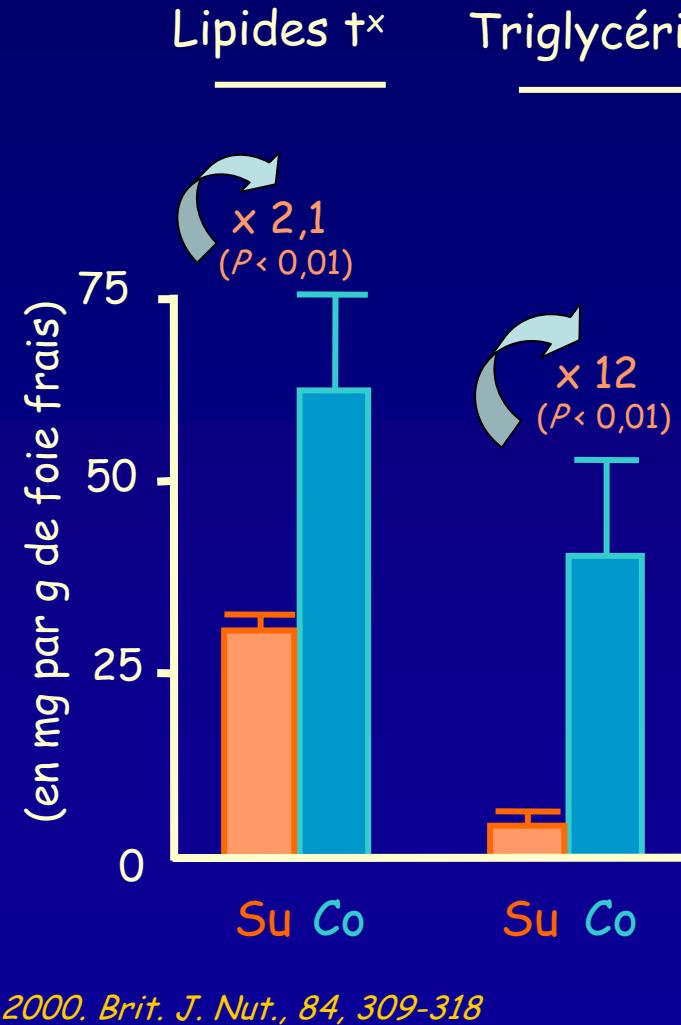
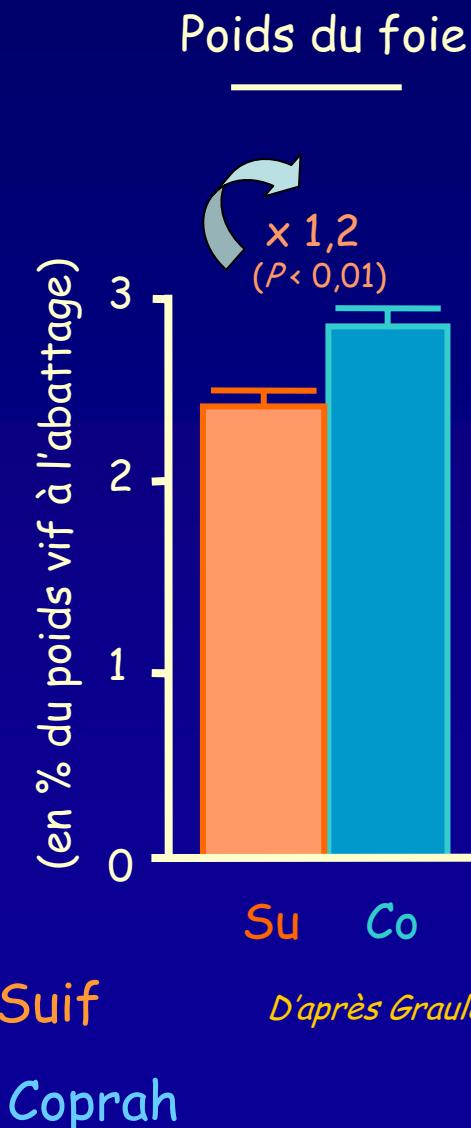
Protocole expérimental



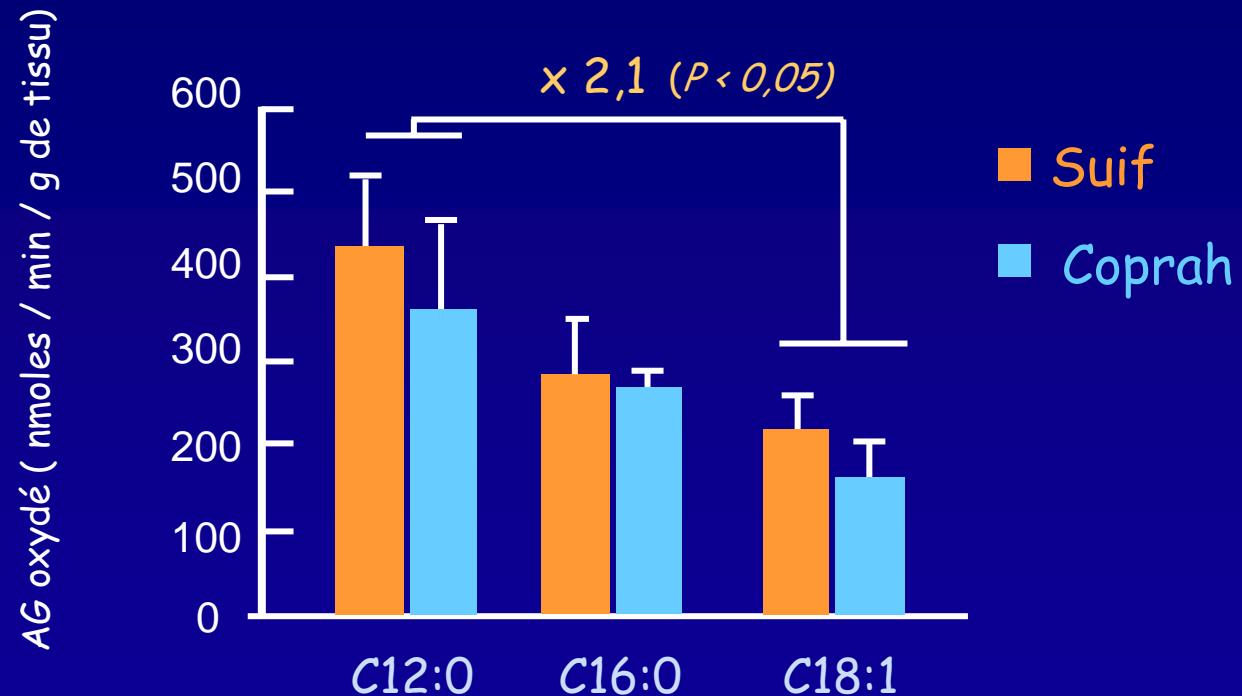
D'après Graulet et al, 2000. Brit. J. Nut., 84, 309-318

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



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

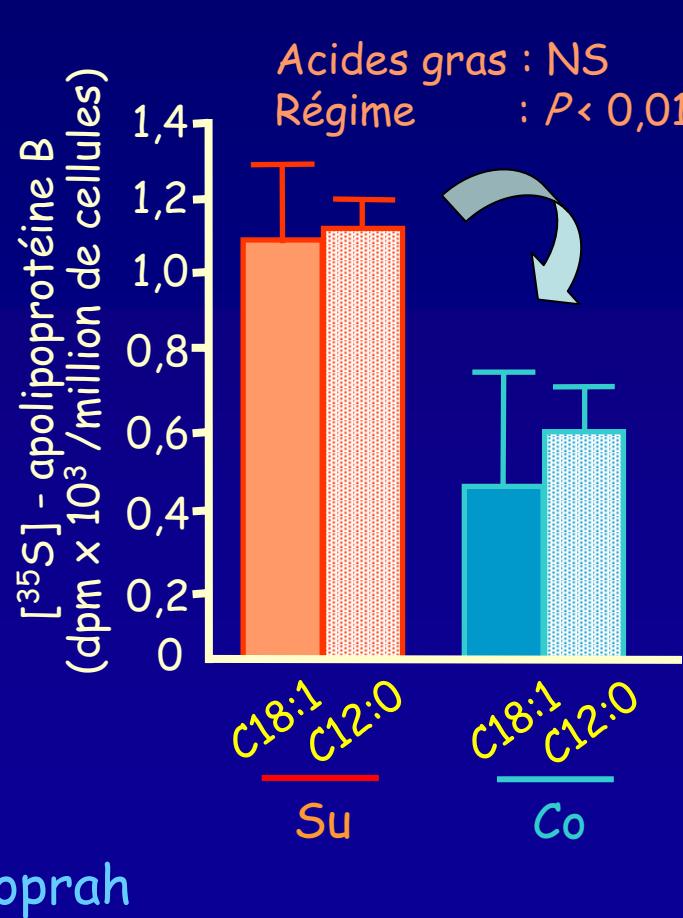
Taux d'estérification des acides gras (nmol d'acide gras incorporé par g de foie)

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

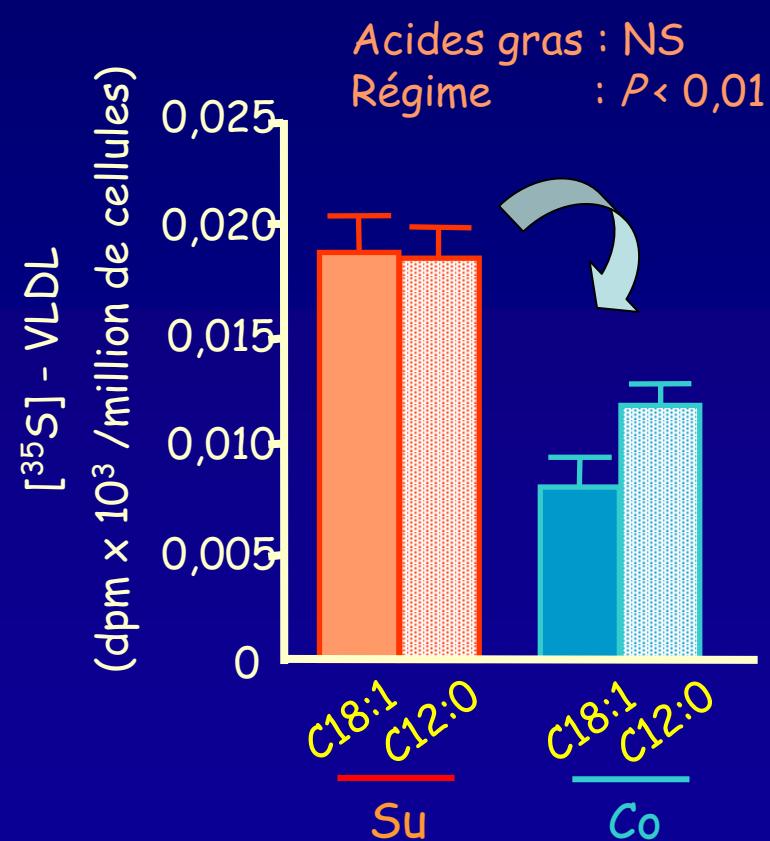
D'après Graulet et al, 2000. Brit. J. Nut., 84, 309-318

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

Synthèse d'apolipoprotéine B



Sécrétion de VLDL



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



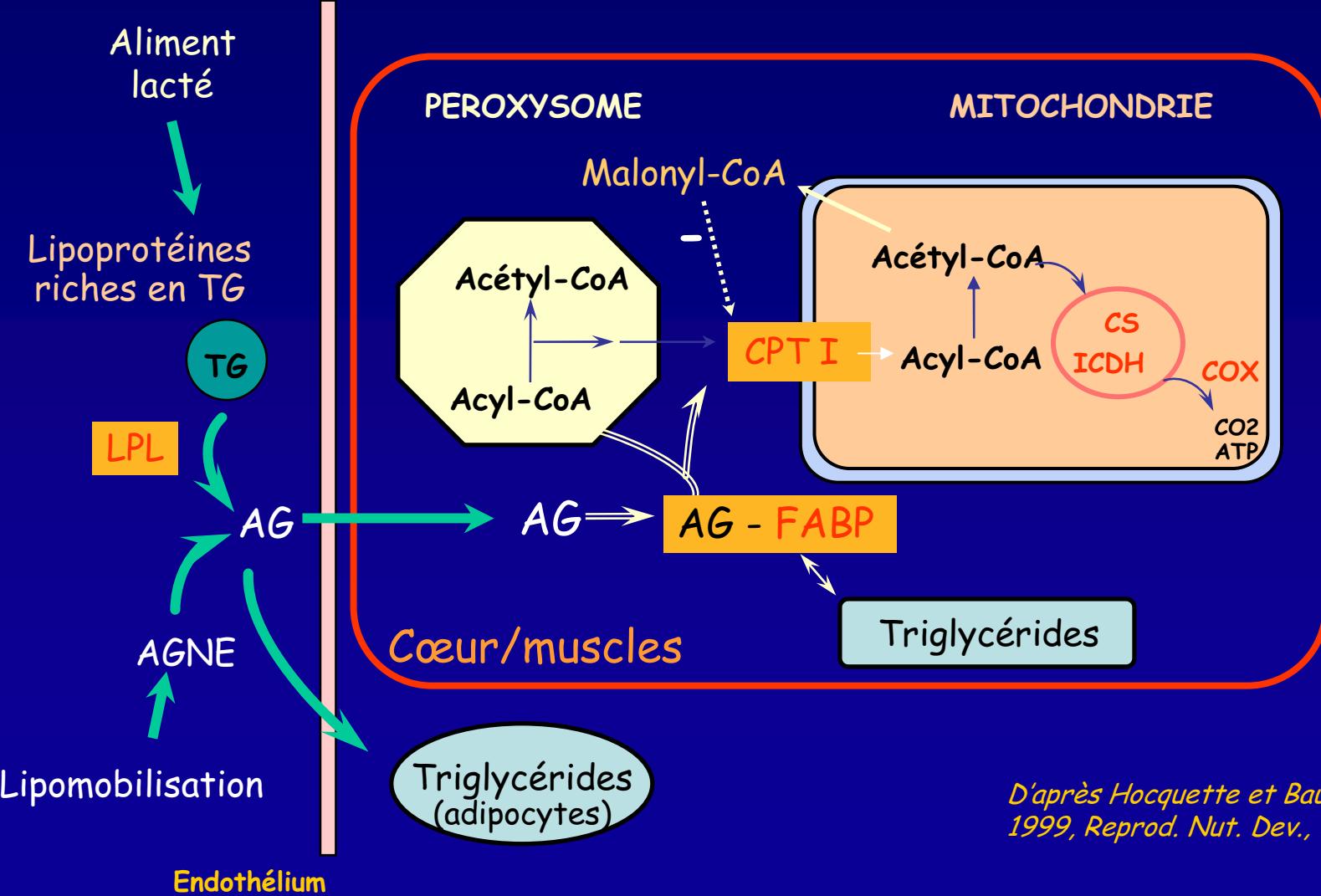
Centre de Recherches
Clermont-Fd – Theix, France



Unité de Recherches
sur les Herbivores

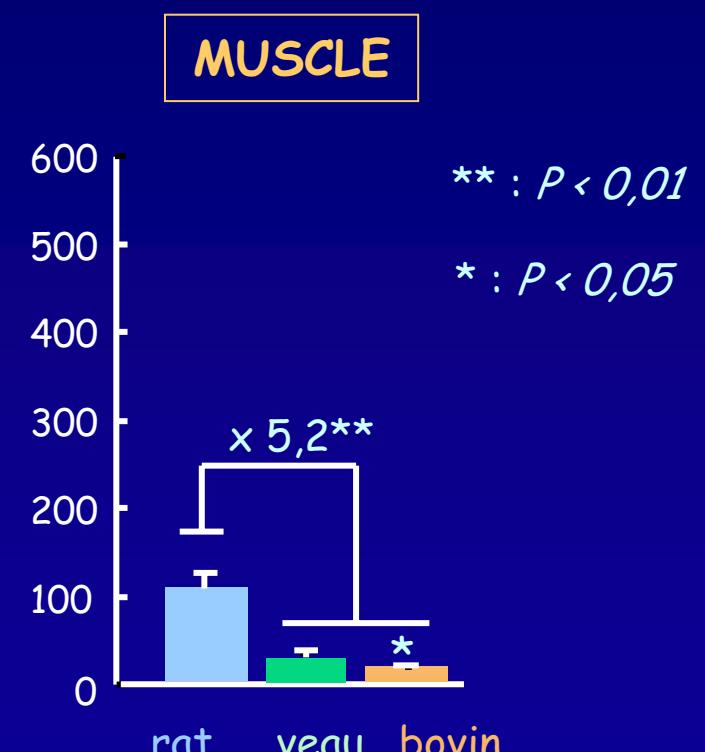
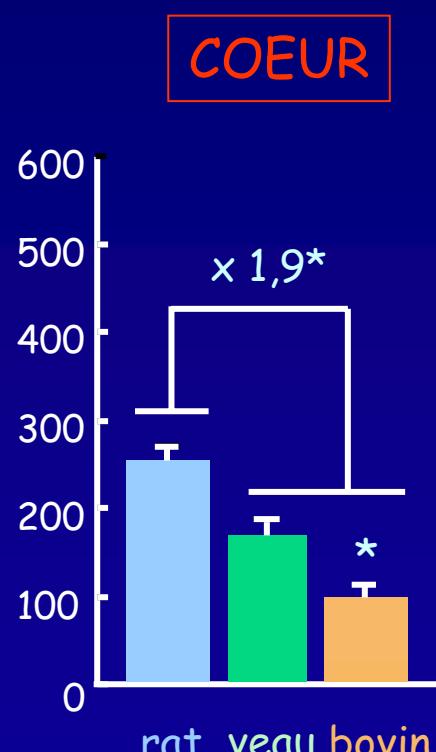
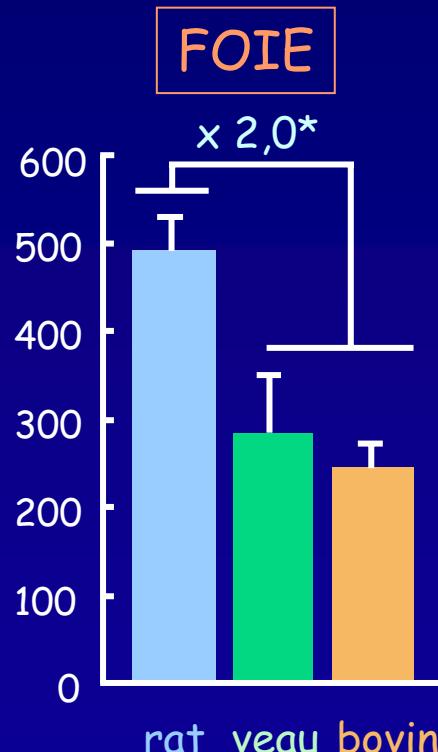
Métabolisme tissulaire des lipides et des acides gras chez le veau préruminant

Métabolisme musculaire des acides gras



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

Oxydation du palmitate (16:0)



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

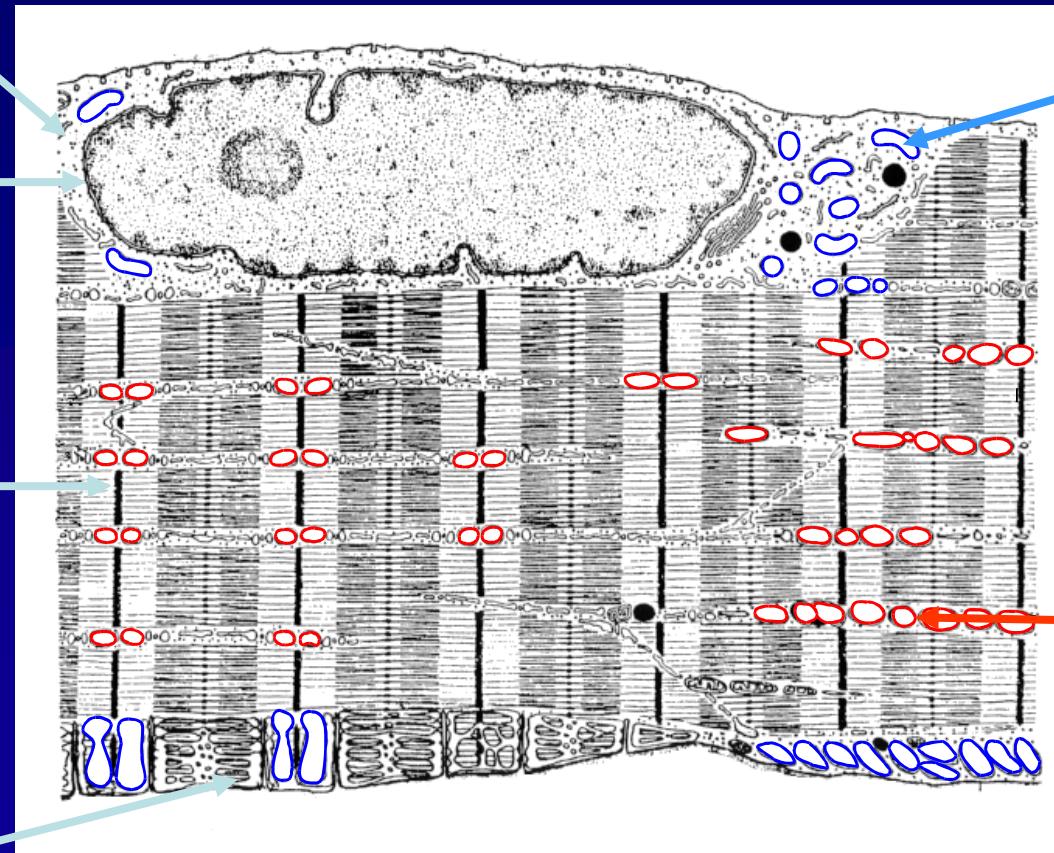
Les mitochondries du muscle de bovin

Sarcoplasme

Noyau

Myofibrilles

Réticulum sarcoplasmique



mitochondries
subsarcolemmales (SS)

mitochondries
intermyofibrillaires (IM)

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

	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.

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

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
- Synthèse 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

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

Muscle *Rectus abdominis*

Régimes	Veau Pr. ¹ (lait suif)	Veau allaitant ²			
		FBC	FHC	HBC	HHC
ΣAG saturés	48,1	47,7	48,3	46,6	49,4
ΣAG monoinsaturés	43,4	31,9 ^{ab}	28,9 ^b	33,5 ^a	32,9 ^a
ΣAG 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 (dominance 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).