



HAL
open science

Peut-on moduler les teneurs en vitamines B du lait chez les Ruminants ?

Benoit Graulet

► To cite this version:

Benoit Graulet. Peut-on moduler les teneurs en vitamines B du lait chez les Ruminants?. Séminaire annuel du Réseau de Recherches International Galactinnov, Oct 2023, Québec (CA), Canada. hal-04884903

HAL Id: hal-04884903

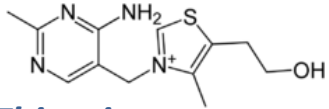
<https://hal.inrae.fr/hal-04884903v1>

Submitted on 13 Jan 2025

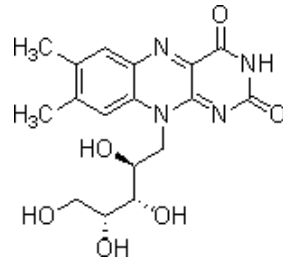
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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

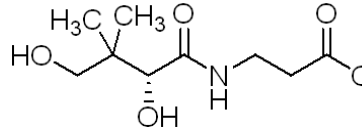
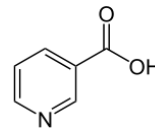
Thiamine



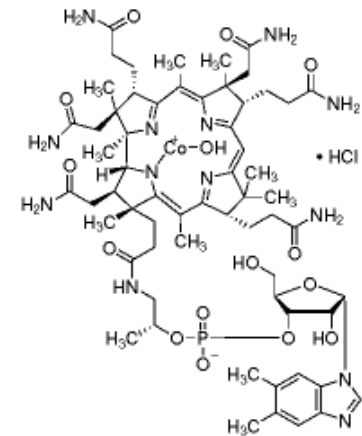
Riboflavine



Niacine

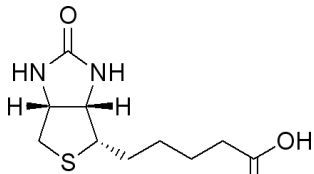


Acide pantothenique

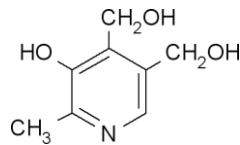


Vitamine B₁₂

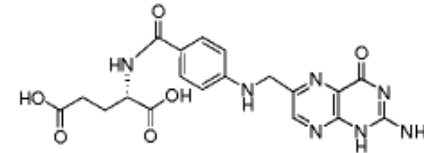
Biotine



Vitamine B₆



Folate



Peut-on moduler les teneurs en vitamines B du lait chez les Ruminants ?

B. Graulet¹, C.L. Girard², H. Fougère¹, L. Bernard¹ & M. Popova¹

¹ UMR1213 Herbivores INRAE-VetagroSup, Saint-Genès-Champagnelle

² Agriculture Agrifood Canada, Sherbrooke

Les vitamines B, nutriments essentiels

Besoins Nutriments essentiels



NOM	FONCTIONS
B1	Métabolisme des sucres et des AA ramifiés
B2	Métabolisme énergétique
B3	Métabolisme énergétique
B5	Métabolisme énergétique
B6	Métabolisme des AA et synthèse hème
B8	Synthèse de lipides, AA et glycogène
B9	Transport d'unités mono-C
B12	Oxydation des AA ramifiés, AG _{ci} , activation des folates

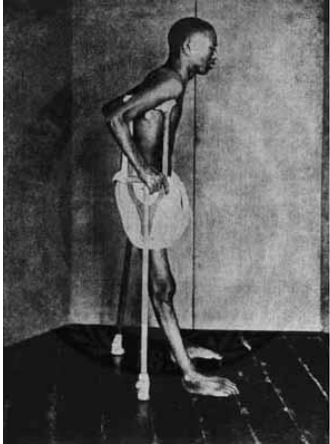


Vitamine : *n, f, Substance organique active, vitale, indispensable en infime quantité à la croissance et au bon fonctionnement de l'organisme, qui ne peut en effectuer lui-même la synthèse.*

- Anti-oxydants (B₁, B₂, B₃)
- Transmission de l'influx nerveux (B₁)
- Régulation du génome (B₃, B₈, B₉) : expression de gènes, duplication, réparation...

Les conséquences des déficits d'apports en vit. B

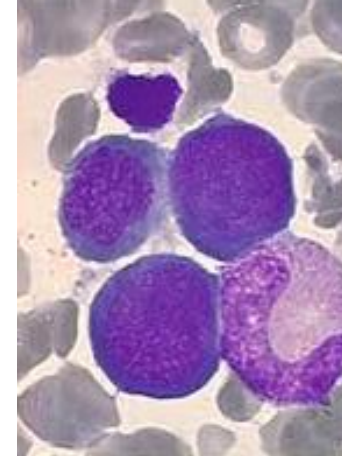
- Niveaux cliniques :



Beriberi (B₁)



Pellagre (B₃)



Anémie mégaloblastique /
pernicieuse (B₉ / B₁₂)

- Niveaux sub-cliniques : augmentent l'incidence des maladies chroniques, de troubles neurologiques, de certains types de cancer
 - B₉, B₁₂, B₆, B₂: ↗ plasma Hcy (# syndrome met. / mal. CV / cancers)
 - B₁ : ↗ désordres neurologiques chez les personnes âgées

(Forssen et al., 2000 ; McDowell, 2000 ; Eussen et al, 2013)

Prévalence des déficiences et sujets à risque

Populations défavorisées n'ayant accès qu'à des diètes nutritionnellement pauvres



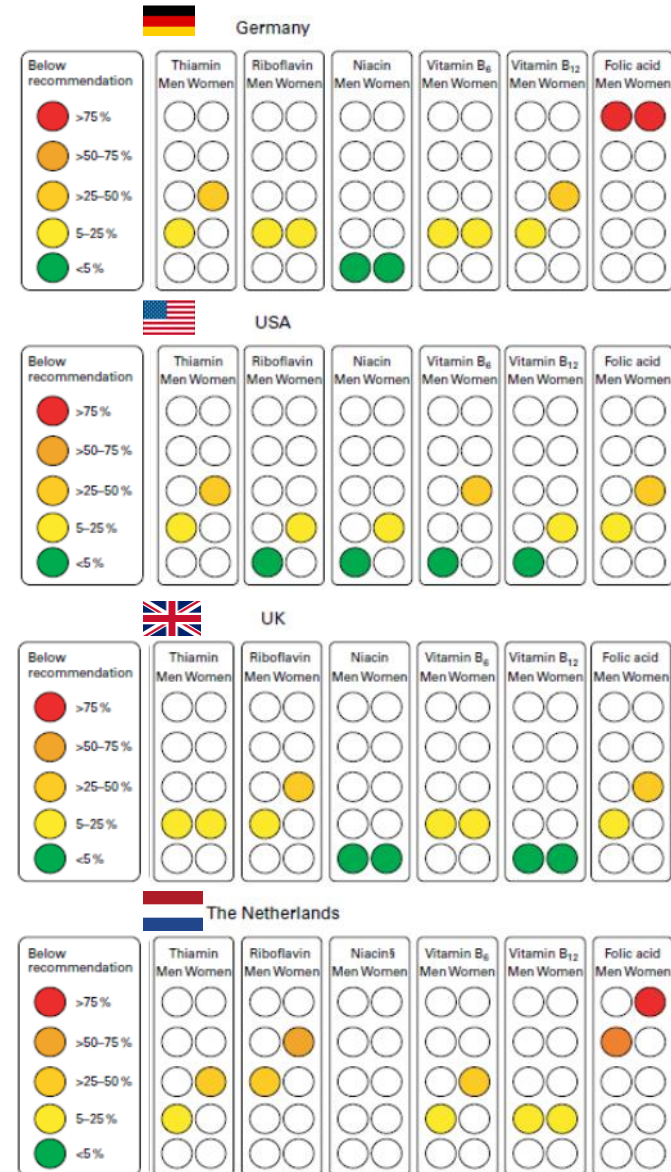
- ❑ **Nourrissons** : apports dépendants de la nutrition maternelle
- ❑ **Personnes âgées** : perte relative de capacité d'utilisation des vitamines B (absorption)

B_{12} : 10 – 30 % des seniors aux USA

B_1 : 16 – 18 % des seniors niv. mondial




- ❑ **Population générale** : les déficiences en B_9 et B_{12} affecteraient plusieurs millions de personnes à l'échelle mondiale (= problème de santé publique ; WHO, 2008) ; celle de B_2 toucherait 10-15 % (Kennedy, 2016)

- ❑ **Alcooliques**



(Troesch et al., 2012)

Apports de vitamines B par les produits laitiers

	A	D	B2	B5	B12	B9	C	
Vissers et al., 2011		13-16%			46-58%	19-24%	12-18%	
Drewnowski, 2011	25-34%	44-65%	29%		20-29%			
Coudray, 2011	16-24%	14-19%	28-38%	25%	14-23%			

➡ Premiers contributeurs ou seconds après le groupe Viandes-Cœufs-Poissons

➡ Différences selon les habitudes alimentaires (dont fortification), les données des tables d'alimentation

➡ Meilleure assimilation des vitamines dans les produits laitiers

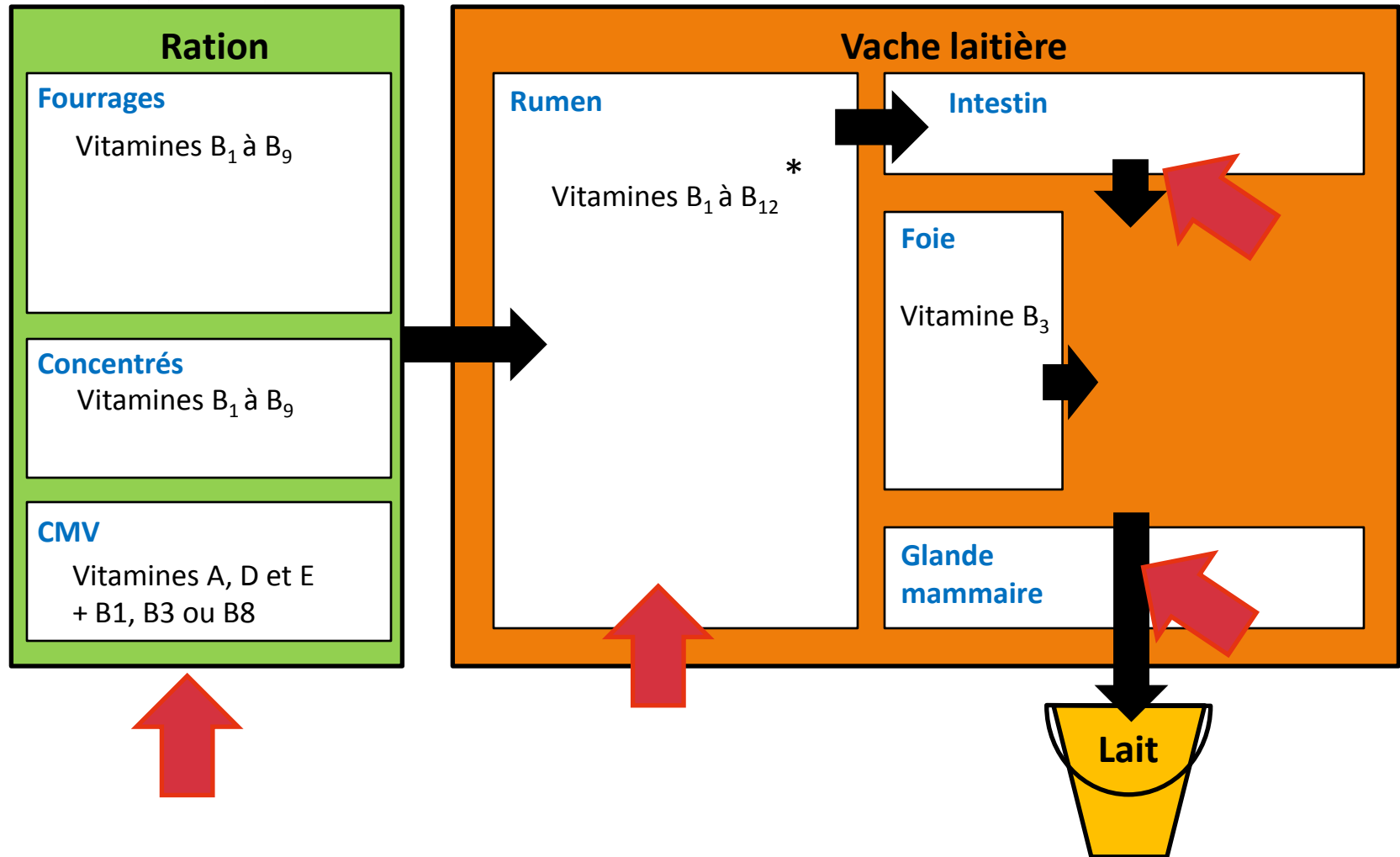
B12 : Bueno Dalto et al., 2018 & Matte et al., 2012

D : Lindah et al., 2020



➡ Produits laitiers :
nutriments / calories
nutriments / coût
accessibilité

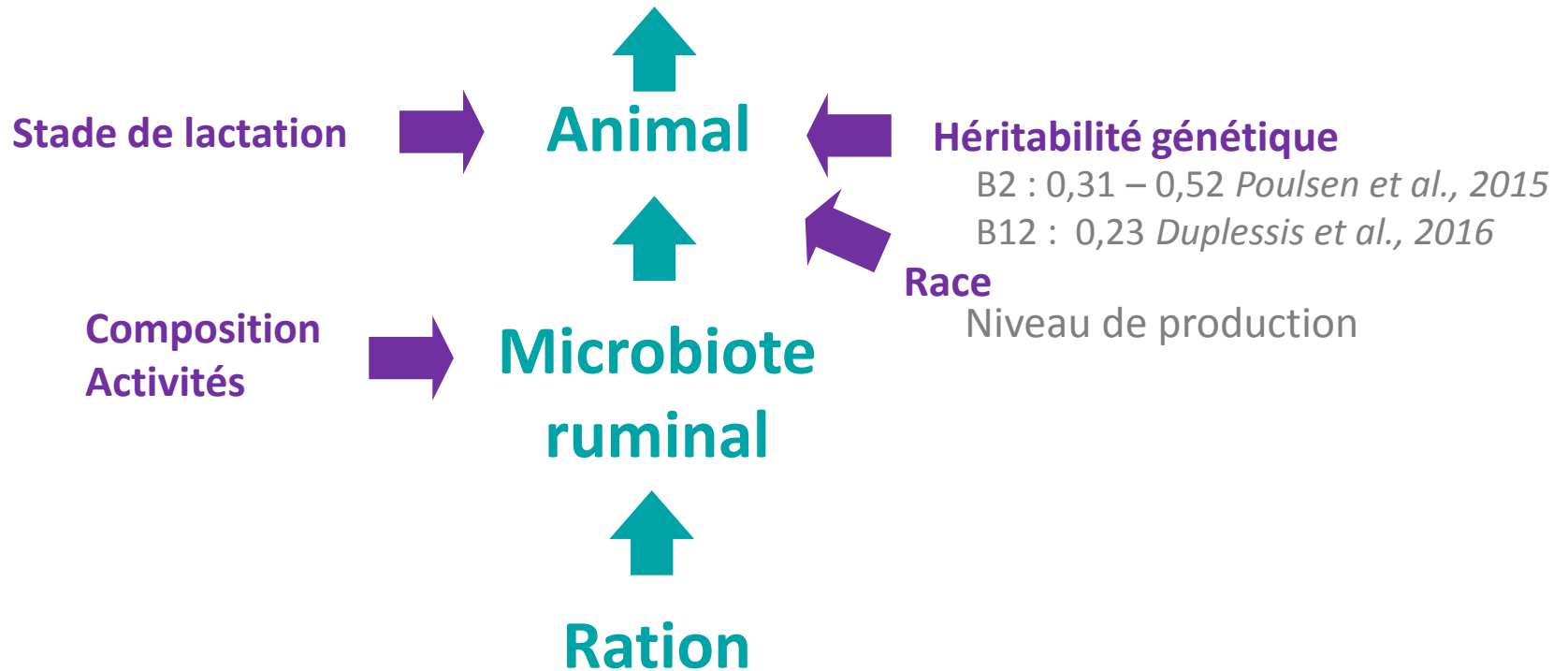
Origines possibles et sources de variations potentielles des vitamines B du lait



* Le rumen est à la fois le lieu de synthèse et d'utilisation /de dégradation des vitamines du groupe B par les microorganismes

➤ Variabilité des teneurs en vitamines B du lait

Variabilité (en µg/L)	B1	B2	B3	B5	B6	B8	B9	B12
Table Ciqual 2020	410	1700	840	4300	200	-	<25	2,4
<i>Min</i>	<i>200</i>	<i>1327</i>	<i>685</i>	<i>3500</i>	<i>224</i>	<i>20</i>	<i>19</i>	<i>1,2</i>
<i>Litt, 1958-2006 (n=13)</i>	<i>Max</i> 470	<i>1945</i>	<i>800</i>	<i>4145</i>	<i>615</i>	<i>60</i>	<i>63</i>	<i>4,6</i>



➤ Variations des teneurs en vitamines B du lait

	B1	B2	B3	B5	B6	B8	B9	B12	Références
Taux de Protéines et d'énergie de la ration									
Apports > recommandations	#			#	#				Kirchgessner et al., 1991
Apports = 80-85 % recomm.	#								Kirchgessner et al., 1992
Part de fourrage									
F/C : 33/66 → F/C : 66/33	#	#	↘	↘	↗			↘	Shingfield et al., 2005 Nilson et al., 1967 Niehoff et al., 2009 Walker & Elliot, 1972
Nature du fourrage									
Pâturer vs rations sèches ou foin		↗			↗		↗	↘	Dong & Oace, 1975 Gregory et al., 1958 Laurent et al., 2023
Foin vs Ensilage d'herbe	#	↘			#				Shingfield et al., 2005
Herbe vs ens maïs		↗			↗		↗	↘	Laverroux et al., 2014 Chassaing et al., 2011 Laurent et al., 2023
Niveau de diversité de l'herbe pâturée		#					↘	#	Laverroux et al., 2014 Chassaing et al., 2011
Bio vs conventionnel		↗							Poulsen et al., 2015
Composition chimique de la ration									
ADF								↗	Duplessis et al., 2016
CP								↘	Duplessis et al., 2016



Peut-on moduler les teneurs en vitamines B du lait chez les Ruminants ?



Par l'alimentation



Quels processus mis en jeu ?



➤ Effets de suppléments lipidiques sur l'enrichissement en vitamines B du lait



4 diètes

CTL	COS
MAP	HPO



CTL = 45 % hay and 55 % concentrate



COS = CTL + 5 % corn oil – wheat starch → MFD_{COW} via RBH



MAP = CTL + 1.5 % marine algae powder → MFD_{COW}

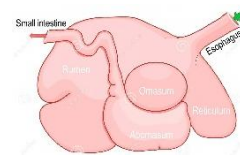


HPO = CTL + 3 % hydrogenated palm oil → MF^{+COW}

(Toral et al., 2015)

2 espèces : 12 vaches laitières Holstein & 12 chèvres laitières Alpine

1 Carré latin 4 x 4 par espèce (périodes de 28j)



CI-Phase : Rumen&VitaminB, Exploration de l'impact du microbiote ruminal sur le statut en vitamines B du Ruminant

Coord. B. Graulet (UMRH)

Coll. M. Popova (UMRH) ; C Girard (AA Canada)

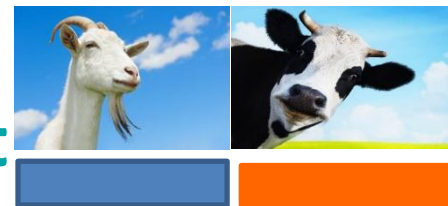
Nutriliip

Coord. L. Bernard (UMRH)

Thèse H. Fougère



➤ Effets de suppléments lipidiques sur l'enrichissement en vitamines B du lait

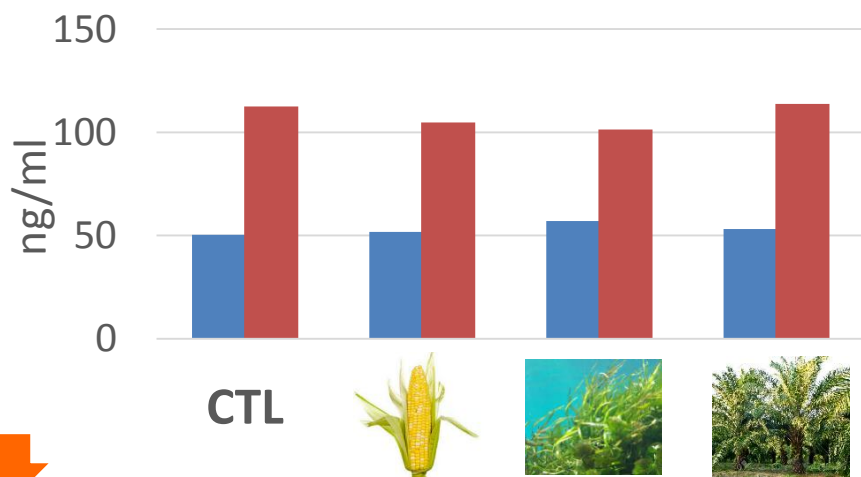


Preuve de concept

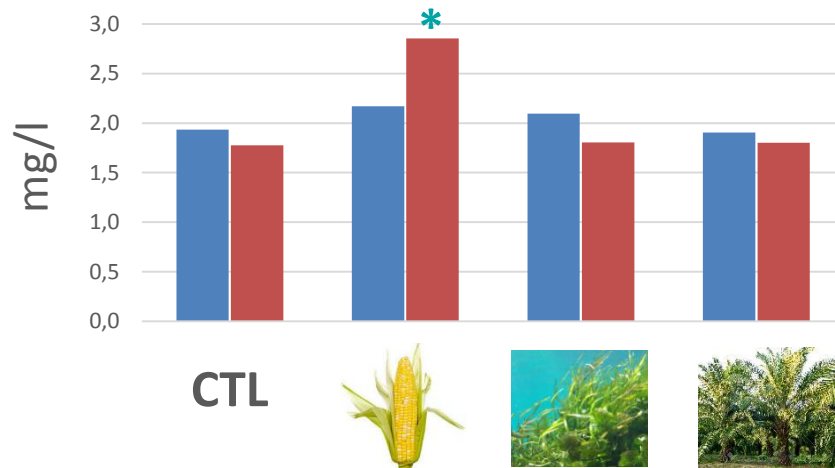
Exemple de la Vitamine B₂

	Espèce	Diète	E x D
Plasma	***		*
Lait		***	***

Plasma FAD



Lait B2 totale



Modulation du « statut » en vitamines B par l'alimentation
Variabilité de réponses selon espèce animale, vitamines, suppléments

CI-Phase : Rumen&VitaminB, Exploration de l'impact du microbiote ruminal

sur le statut en vitamines B du Ruminant

Coord. B. Graulet (UMRH)

Coll. M. Popova (UMRH) ; C Girard (AA Canada)

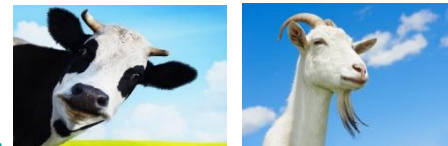
Nutrilip

Coord. L. Bernard (UMRH)

Thèse H. Fougère



➤ Effets de suppléments lipidiques sur l'enrichissement en vitamines B du lait



				Vaches				Chèvres				P-values			
				CTL	COS	MAP	HPO	CTL	COS	MAP	HPO	Espèce	Régime	Espèce x Régime	
B2	plasma	FAD	µg/L	112 ^a	105 ^a	102 ^a	114 ^a	>	50 ^b	51 ^b	57 ^b	53 ^b	***	-	*
		Riboflavine	µg/L	9.0 ^{bc}	12.6 ^a	10.3 ^{abc}	9.3 ^{bc}		8.1 ^c	9.2 ^{bc}	11.7 ^{ab}	9.0 ^c	+	***	**
	lait	Riboflavine	mg/L	1.78 ^b	2.85 ^a	1.80 ^b	1.80 ^b		1.94 ^b	2.17 ^b	2.09 ^b	1.91 ^b	-	***	***
B6	plasma	Pyridoxal	µg/L	6.8	6.5	7.2	6.8		6.4	6.6	9.4	8.5	+	*	-
		Pyridoxal-5P	µg/L	72 ^b	97 ^{ab}	101 ^a	77 ^{ab}	>	35 ^c	33 ^c	33 ^c	40 ^c	***	+	**
	lait	Pyridoxal	mg/L	0.262 ^{ab}	0.276 ^{ab}	0.230 ^b	0.248 ^a	<	0.271 ^{ab}	0.303 ^a	0.270 ^{ab}	0.282 ^{ab}	**	*	-
		Pyridoxamine	mg/L	0.021 ^b	0.020 ^b	0.016 ^b	0.021 ^b		0.042 ^a	0.057 ^a	0.045 ^a	0.049 ^a	***	-	-
B9	plasma	Folates	ng/ml	14.4 ^b	15.6 ^{ab}	17.8 ^a	14.4 ^b	>	3.0 ^c	3.3 ^c	3.1 ^c	2.5 ^c	***	**	*
	lait	Folates	ng/g	118 ^b	161 ^a	146 ^{ab}	117 ^b	>	13 ^c	12 ^c	14 ^c	13 ^c	***	*	**
B12	plasma	Cobalamines	pg/ml	183 ^c	284 ^c	265 ^c	209 ^c	<	38 ^b	1009 ^a	767 ^{ab}	689 ^b	***	**	-
	lait	Cobalamines	pg/g	2405 ^a	2226 ^a	2225 ^a	2969 ^a	>	139 ^b	181 ^b	139 ^b	155 ^b	***	-	-

➤ Effets de suppléments lipidiques sur l'enrichissement en vitamines B du lait



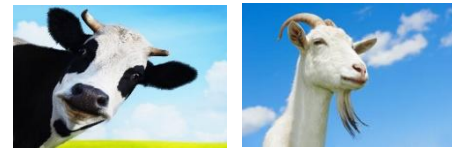
Des différences notables entre les 2 espèces

- Dans le plasma et dans le lait
- Dans la réponse aux variations de diète



Il est possible de moduler les concentrations de vitamines B du lait chez la vache

➤ Les transporteurs mammaires



				Cows				Goats				P-values		
				CTL	COS	MAP	HPO	CTL	COS	MAP	HPO	Species	Diet	Species x Diet
B2	GM	SLC52A2	10 ³ * 2e xp-ΔCT	0,063	0,071	0,063	0,058	0,056	0,049	0,066	0,046	-	-	-
		ABCG2		3,2 ^a	2,7 ^a	2,7 ^a	22,2 ^a	5,7 ^a	8,0 ^a	7,9 ^a	19,9 ^a	-	+	-
	milk	B2		48,5 ^b	62,3 ^a	48,7 ^b	48,8 ^b	5,7 ^c	6,3 ^c	6,0 ^c	5,5 ^c	***	*	+
B6	GM	SLC19A2	10 ³ * 2e xp-ΔCT	0,05 ^b	0,07 ^{ab}	0,05 ^b	0,07 ^{ab}	0,14 ^{ab}	0,11 ^{ab}	0,16 ^a	0,16 ^a	***	-	-
		SLC19A3		5,7.10 ^{-3ab}	6,1.10 ^{-3ab}	9,4.10 ^{-3a}	9,2.10 ^{-3ab}	1,0.10 ^{-3ab}	1,3.10 ^{-3ab}	0,4.10 ^{-3b}	0,9.10 ^{-3ab}	***	-	-
	milk	Pyridoxal		7,13 ^a	6,82 ^a	6,26 ^a	6,69 ^a	0,82 ^b	0,87 ^b	0,83 ^b	0,85 ^b	***	-	-
		Pyridoxamin		0,57 ^a	0,48 ^a	0,42 ^{ab}	0,55 ^a	0,12 ^c	0,16 ^{bc}	0,13 ^c	0,14 ^c	***	-	-
		B6 totale		46,1 ^a	43,8 ^a	39,9 ^a	43,3 ^a	5,7 ^b	6,2 ^b	5,7 ^b	5,9 ^b	***	-	-
B9	GM	ABCG2	10 ³ * 2e xp-ΔCT	3,2 ^a	2,7 ^a	2,7 ^a	22,2 ^a	5,7 ^a	8,0 ^a	7,9 ^a	19,9 ^a	-	+	-
	GM	ABCC1		55.10 ^{-3a}	57.10 ^{-3a}	56.10 ^{-3a}	53.10 ^{-3a}	9,3.10 ^{-3b}	4,9.10 ^{-3b}	7,3.10 ^{-3b}	5,2.10 ^{-3b}	***	-	-
	GM	ABCC5		40.10 ^{-3ab}	46.10 ^{-3a}	33.10 ^{-3ab}	37.10 ^{-3ab}	8,1.10 ^{-3b}	8,2.10 ^{-3b}	11.10 ^{-3b}	7,5.10 ^{-3b}	***	-	-
	milk	Folates		3233 ^a	4018 ^a	4203 ^a	3585 ^a	39,7 ^b	36,4 ^b	40,5 ^b	38,0 ^b	***	-	-
B12	GM	CD320	10 ³ * 2e xp-ΔCT	0,391 ^a	0,497 ^a	0,428 ^a	1,305 ^a	0,139 ^a	0,128 ^a	0,197 ^a	0,143 ^a	*	-	-
	milk	Cobalamins		63815 ^{ab}	48187 ^b	59054 ^{ab}	76798 ^a	413 ^c	484 ^c	363 ^c	429 ^c	***	+	-

➔ Les différentiels d'expression peuvent être reliés aux écarts entre espèces mais n'expliquent pas les variations liées aux rations

Le microbiote ruminal

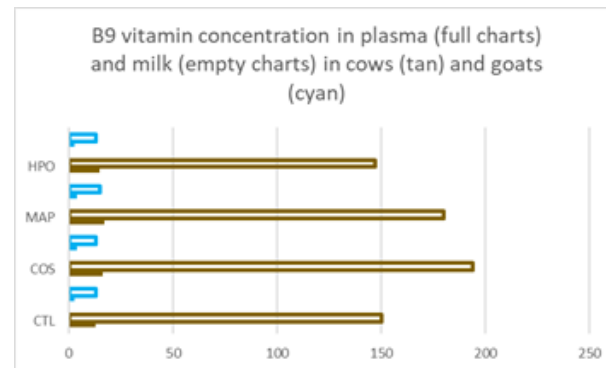


				Vaches				Chèvres				P-values		
				CTL	COS	MAP	HPO	CTL	COS	MAP	HPO	Espèce	Régime	Espèce x Régime
B2	plasma	FAD	µg/L	112 ^a	105 ^a	102 ^a	114 ^a	50 ^b	51 ^b	57 ^b	53 ^b	***	-	*
		Riboflavine	µg/L	9.0 ^{bc}	12.6 ^a	10.3 ^{abc}	9.3 ^{bc}	8.1 ^c	9.2 ^{bc}	11.7 ^{ab}	9.0 ^c	+	***	**
	lait	Riboflavine	mg/L	1.78 ^b	2.85 ^a	1.80 ^b	1.80 ^b	1.94 ^b	2.17 ^b	2.09 ^b	1.91 ^b	-	***	***
B6	plasma	Pyridoxal	µg/L	6.8	6.5	7.2	6.8	6.4	6.6	9.4	8.5	+	*	-
		Pyridoxal-5P	µg/L	72 ^b	97 ^{ab}	101 ^a	77 ^{ab}	35 ^c	33 ^c	33 ^c	40 ^c	***	+	**
	lait	Pyridoxal	mg/L	0.262 ^{ab}	0.276 ^{ab}	0.230 ^b	0.248 ^{ab}	0.271 ^{ab}	0.303 ^a	0.270 ^{ab}	0.282 ^{ab}	**	*	-
		Pyridoxamine	mg/L	0.021 ^b	0.020 ^b	0.016 ^b	0.021 ^b	0.042 ^a	0.057 ^a	0.045 ^a	0.049 ^a	***	-	-
B9	plasma	Folates	ng/ml	14.4 ^b	15.6 ^{ab}	17.8 ^a	14.4 ^b	3.0 ^c	3.3 ^c	3.1 ^c	2.5 ^c	***	**	*
	lait	Folates	ng/g	118 ^b	161 ^a	146 ^{ab}	117 ^b	13 ^c	12 ^c	14 ^c	13 ^c	***	*	**
B12	plasma	Cobalamines	pg/ml	183 ^c	284 ^c	265 ^c	209 ^c	638 ^b	1009 ^a	767 ^{ab}	689 ^b	***	**	-
	lait	Cobalamines	pg/g	2405 ^a	2226 ^a	2225 ^a	2969 ^a	139 ^b	181 ^b	139 ^b	155 ^b	***	-	-

Le microbiote ruminal



				Vaches				Chèvres				P-values		
				CTL	COS	MAP	HPO	CTL	COS	MAP	HPO	Espèce	Régime	Espèce x Régime
B2	plasma	FAD	µg/L	112 ^a	105 ^a	102 ^a	114 ^a	50 ^b	51 ^b	57 ^b	53 ^b	***	-	*
		Riboflavine	µg/L	9.0 ^{bc}	12.6 ^a	10.3 ^{abc}	9.3 ^{bc}	8.1 ^c	9.2 ^{bc}	11.7 ^{ab}	9.0 ^c	+	***	**
	lait	Riboflavine	mg/L	1.78 ^b	2.85 ^a	1.80 ^b	1.80 ^b	1.94 ^b	2.17 ^b	2.09 ^b	1.91 ^b	-	***	***
B6	plasma	Pyridoxal	µg/L	6.8	6.5	7.2	6.8	6.4	6.6	9.4	8.5	+	*	-
		Pyridoxal-5P	µg/L	72 ^b	97 ^{ab}	101 ^a	77 ^{ab}	35 ^c	33 ^c	33 ^c	40 ^c	***	+	**
	lait	Pyridoxal	mg/L	0.262 ^{ab}	0.276 ^{ab}	0.230 ^b	0.248 ^{ab}	0.271 ^{ab}	0.303 ^a	0.270 ^{ab}	0.282 ^{ab}	**	*	-
		Pyridoxamine	mg/L	0.021 ^b	0.020 ^b	0.016 ^b	0.021 ^b	0.042 ^a	0.057 ^a	0.045 ^a	0.049 ^a	***	-	-
B9	plasma	Folates	ng/ml	14.4 ^b	15.6 ^{ab}	17.8 ^a	14.4 ^b	3.0 ^c	3.3 ^c	3.1 ^c	2.5 ^c	***	**	*
	lait	Folates	ng/g	118 ^b	161 ^a	146 ^{ab}	117 ^b	13 ^c	12 ^c	14 ^c	13 ^c	***	*	**
B12	plasma	Cobalamines	pg/ml	183 ^c	284 ^c	265 ^c	209 ^c	638 ^b	1009 ^a	767 ^{ab}	689 ^b	***	**	-
	lait	Cobalamines	pg/g	2405 ^a	2226 ^a	2225 ^a	2969 ^a	139 ^b	181 ^b	139 ^b	155 ^b	***	-	-



Le microbiote ruminal

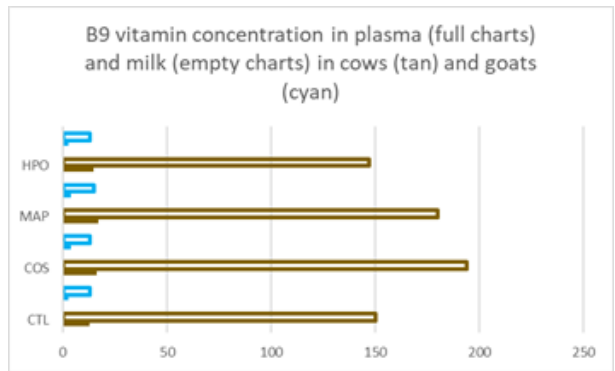
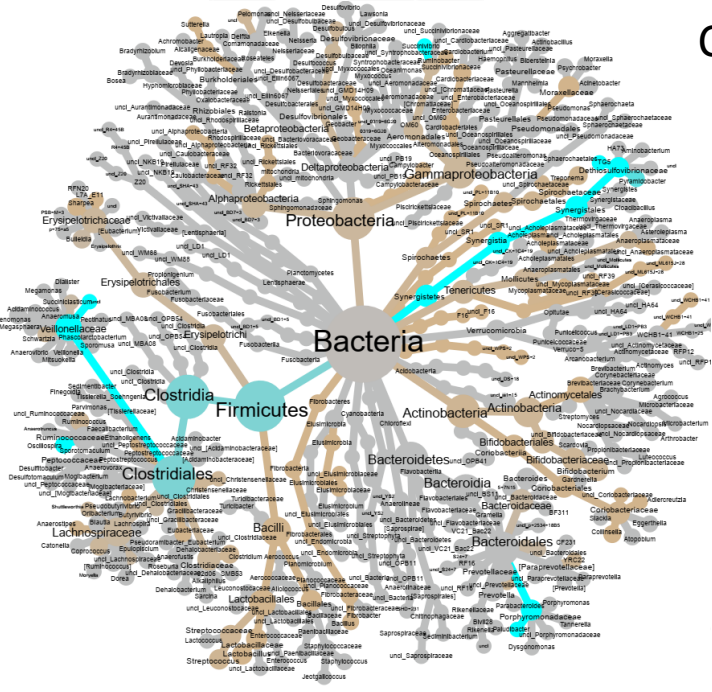
Composition taxonomique similaire (tous régimes confondus)



Firmicutes
Synergistetes



Bacteroidetes
Proteobacteria
Fibrobacters
Actinobacteria
Spirochaetes
Tenericutes



Le microbiote ruminal

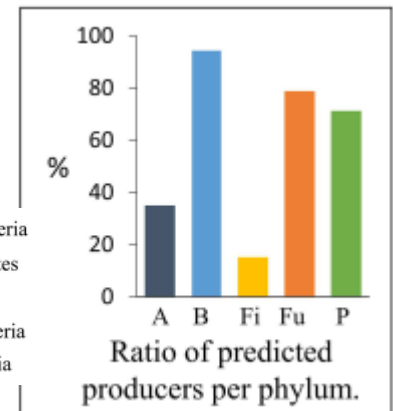
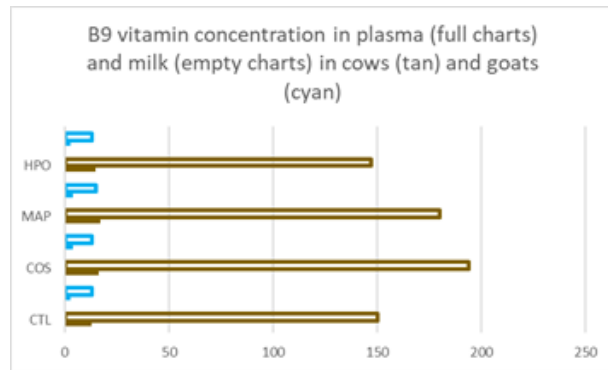
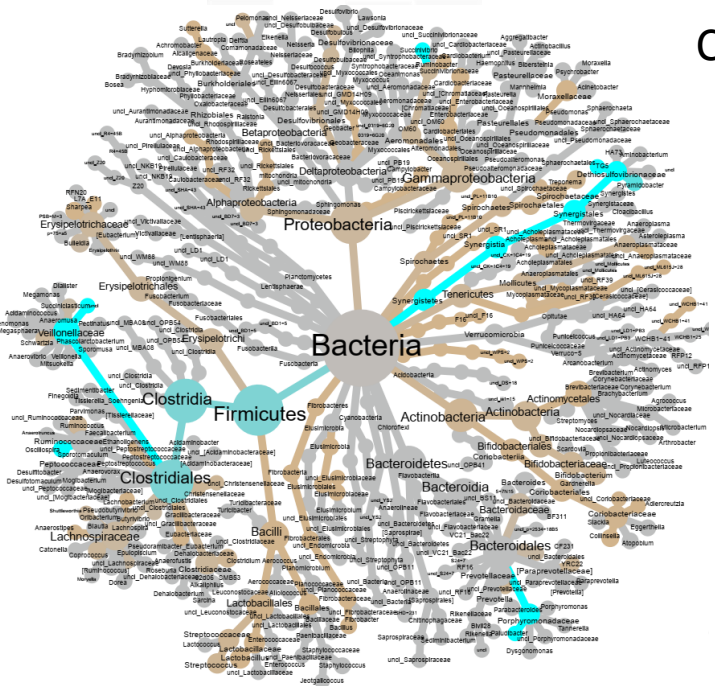
Composition taxonomique similaire (tous régimes confondus)



Firmicutes
Synergistetes



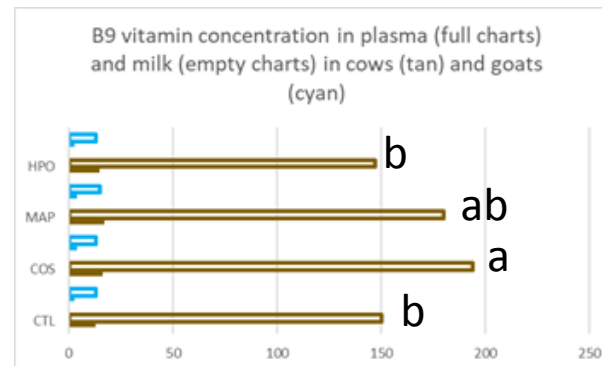
Bacteroidetes
Proteobacteria
Fibrobacteres
Actinobacteria
Spirochaetes
Tenericutes



Le microbiote ruminal



				Vaches				Chèvres				P-values		
				CTL	COS	MAP	HPO	CTL	COS	MAP	HPO	Espèce	Régime	Espèce x Régime
B2	plasma	FAD	µg/L	112 ^a	105 ^a	102 ^a	114 ^a	50 ^b	51 ^b	57 ^b	53 ^b	***	-	*
		Riboflavine	µg/L	9.0 ^{bc}	12.6 ^a	10.3 ^{abc}	9.3 ^{bc}	8.1 ^c	9.2 ^{bc}	11.7 ^{ab}	9.0 ^c	+	***	**
	lait	Riboflavine	mg/L	1.78 ^b	2.85 ^a	1.80 ^b	1.80 ^b	1.94 ^b	2.17 ^b	2.09 ^b	1.91 ^b	-	***	***
B6	plasma	Pyridoxal	µg/L	6.8	6.5	7.2	6.8	6.4	6.6	9.4	8.5	+	*	-
		Pyridoxal-5P	µg/L	72 ^b	97 ^{ab}	101 ^a	77 ^{ab}	35 ^c	33 ^c	33 ^c	40 ^c	***	+	**
	lait	Pyridoxal	mg/L	0.262 ^{ab}	0.276 ^{ab}	0.230 ^b	0.248 ^{ab}	0.271 ^{ab}	0.303 ^a	0.270 ^{ab}	0.282 ^{ab}	**	*	-
		Pyridoxamine	mg/L	0.021 ^b	0.020 ^b	0.016 ^b	0.021 ^b	0.042 ^a	0.057 ^a	0.045 ^a	0.049 ^a	***	-	-
B9	plasma	Folates	ng/ml	14.4 ^b	15.6 ^{ab}	17.8 ^a	14.4 ^b	3.0 ^c	3.3 ^c	3.1 ^c	2.5 ^c	***	**	*
	lait	Folates	ng/g	118 ^b	161 ^a	146 ^{ab}	117 ^b	13 ^c	12 ^c	14 ^c	13 ^c	***	*	**
B12	plasma	Cobalamines	pg/ml	183 ^c	284 ^c	265 ^c	209 ^c	638 ^b	1009 ^a	767 ^{ab}	689 ^b	***	**	-
	lait	Cobalamines	pg/g	2405 ^a	2226 ^a	2225 ^a	2969 ^a	139 ^b	181 ^b	139 ^b	155 ^b	***	-	-

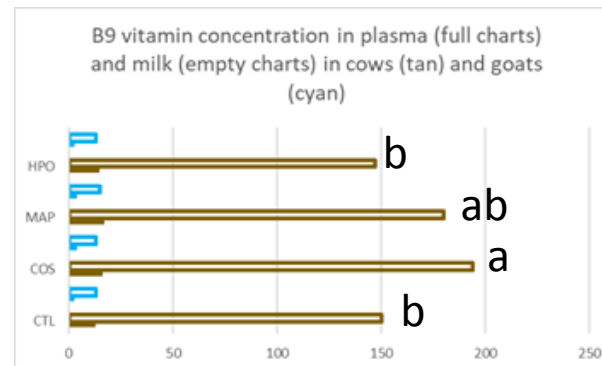
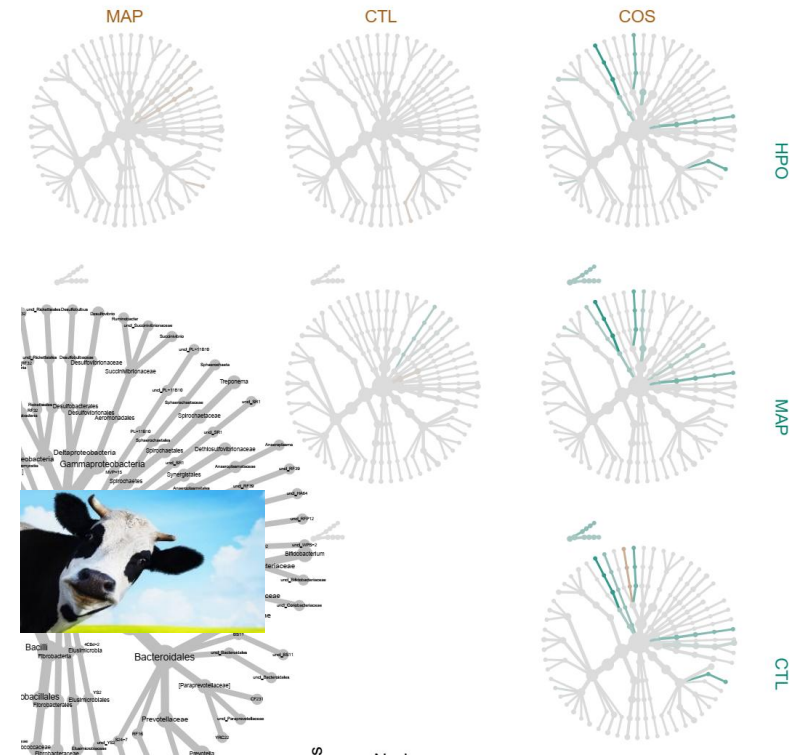


Le microbiote ruminal

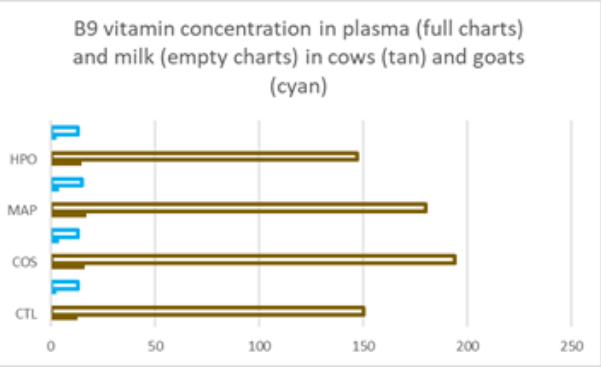
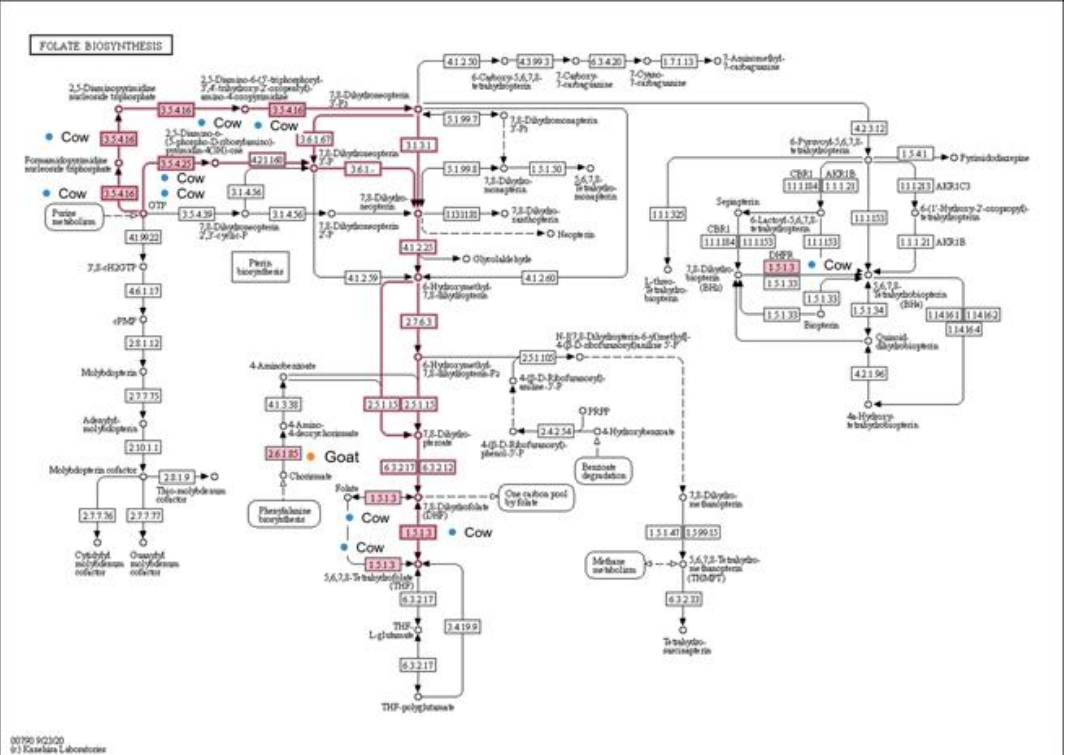


Le régime COS a modérément affecté la structure de la communauté bactérienne chez les vaches.

Le régime n'a pas affecté les concentrations de vitamines chez les chèvres ; de même, aucun changement significatif lié au régime n'a été observé sur la taxonomie microbienne du rumen des chèvres.

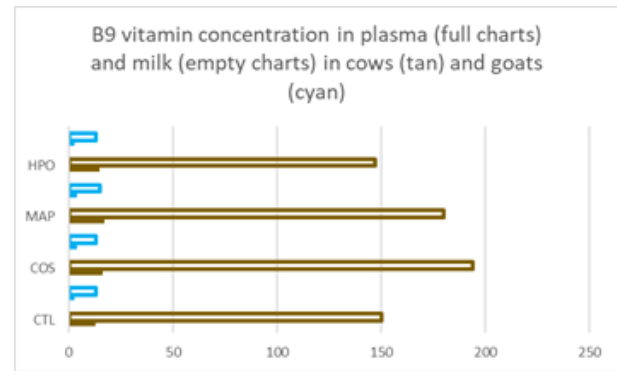
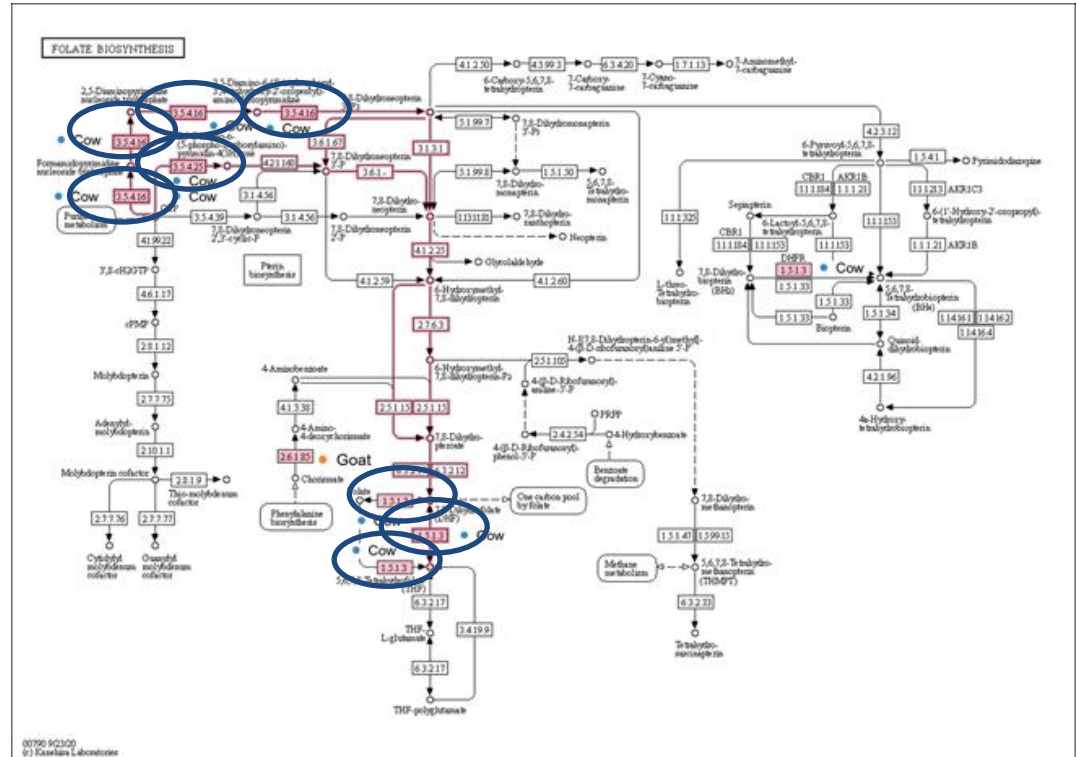


Le microbiote ruminal



Le microbiote ruminal

L'analyse sPLS-DA a identifié des gènes surexprimés chez les vaches



➤ Conclusions

Peut-on moduler les teneurs en vitamines B du lait chez les Ruminants ?

➡ Par l'alimentation ?

OUI !

➡ Quels processus mis en jeu ?

Les transporteurs mammaires ?

**La composition et l'activité
du microbiote ruminal**



Merci de votre attention...