

Apport d'enzymes chez les ruminants: conséquences sur les paramètres digestifs et les performances de production

Philippe Schmidely AgroParisTech

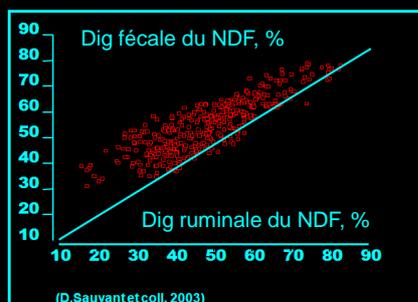


Plan de l'exposé

- 1) Pourquoi utiliser des enzymes?
- 2) Sources de la variabilité des réponses animales à l'apport d'enzymes.
- 3) Apports d' »amylase » (sl)
- 4) Apports d'enzymes « fibrolytiques»
- 5) Protéases et Phytases
- CCI

Pourquoi des enzymes chez les ruminants

- Pourquoi des enzymes « fibrolytiques »
 - Ajoutées à la fraction pariétale de la ration

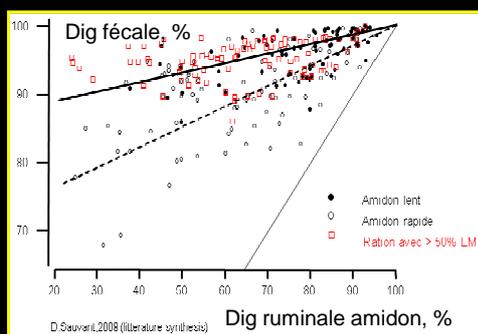


Améliorer la digestibilité des fourrages
Réduire les effets d'interaction digestive
Utilisation de coproduits
Modifier les performances...

- Quelles enzymes « fibrolytiques »
 - Cellulase / Hemicellulase / Endoglucanase / Xylanase
 - Ferulic acid esterase

Introduction

- Pourquoi des enzymes 'amylolytiques'
 - Amidon digéré de façon importante dans le rumen



Digestion ruminale non limitante
Eviter les risques d'acidose....

Mais....

Possibilité de réduire la variabilité
de la digestibilité ruminale des
amidons

- Peu d'études jusqu'à présent
- Quelles enzymes « amylolytiques »
 - α 1-4 amylase / gluco-amylase.

2) Sources de la variabilité des réponses animales à l'apport d'enzymes.

- Micro-organismes producteurs
- Zone d'activité optimale (Temp, pH...)
- Dosages (+ mode d'expression)
- Formes d'application

- Espèces animales
- Nature des rations

Origine des enzymes utilisées en expérimentation chez les ruminants et statut réglementaire

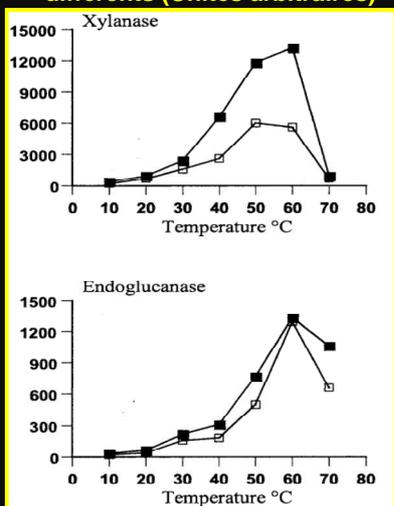
- **α -Amylase / Glucoamylase**
 - Bacillus licheniformis, (amyloliquefaciens, subtilis)
 - Aspergillus oryzae (+Sacch. Cerev), niger
 - 'Fungique' / 'Experimentale'
- **β -glucanase / xylanase/ cellulase/ Ferulic esterase**
 - Trichoderma longibratum, reesei
 - Aspergillus niger....
- **Protéase**
 - Bacillus licheniformis
- **Phytase**
 - Aspergillus oryzae, niger

European Union Register of Feed Additives (Regulation (EC) No 1831/2003)

Produit de fermentation d'Aspergillus oryzae <=> Endo-1,4- β -glucanase + α -amylase
(Additif zootechnique – Améliorateur de digestibilité- VL)

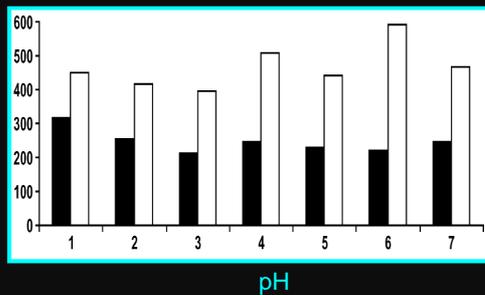
Effet de la température et du pH sur les activités xylanase et endoglucanase de 2 complexes enzymatiques

2 complexes enzymatiques différents (Unités arbitraires)



Vicini et al., 2003

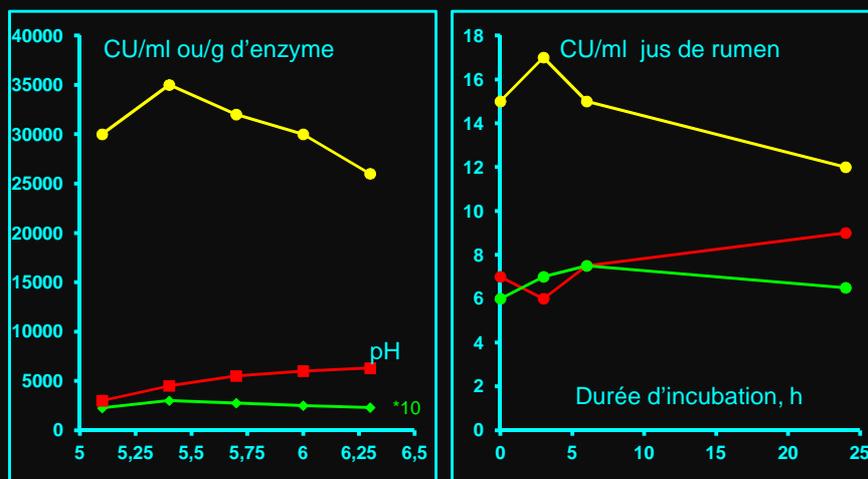
Activité xylanase (■) et cellulase (□) d'un complexe enzymatique commercial



Reddish and Kung, 2007

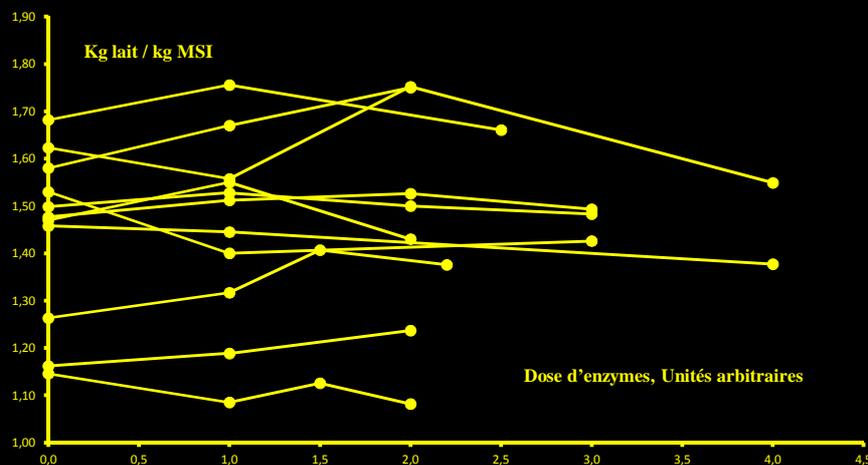
Variations de l'activité amylasique et stabilité de cette activité dans le jus de rumen

Klingerman et al., 2009



■: Amylase expérimentale; ● amylase commerciale (reagent grade); ◆ amylase extraite de Asperg. Oryzae (+SC)

Effet de la dose d'enzymes « fibrolytiques » ou d'amylase sur l'efficacité de la production laitière



Mode d'application des enzymes

- Forme d'application
 - Pulvérisée sur le fourrage ou ration
 - Mélangée dans le prémix - Concentré - TMR
 - 'Top-dressed' sur la ration
- Délai d'application avant distribution
 - À l'ensilage
 - Avant distribution de la ration
- Forme liquide ou poudre

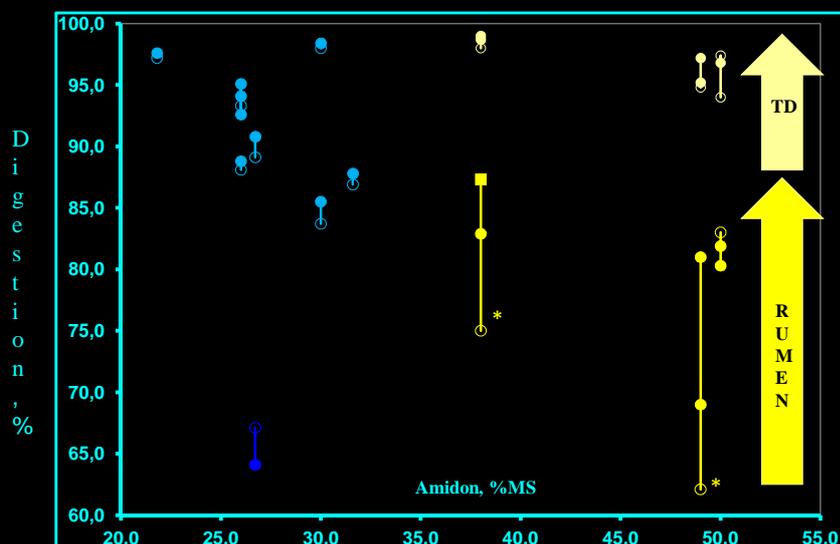
3) Apports d'amylase (sl) chez les ruminants

- Paramètres digestifs (Tous ruminants)
 - Digestibilité ruminale et fécale
 - Profil fermentaire
- Paramètres zootechniques
 - Animaux en croissance
 - Vaches laitières

Base de données sur l'apport « d'amylase » chez les ruminants en croissance

- **Chez les ovins**
 - 4 publications (2000-2005); α -amylase et gluco-amylase
 - $N_{exp} = 8$ ntrt = 19 / 40 – 50% d'amidon (sorgho)
- **Chez les bovins en croissance**
 - 1 publication (2007); α -amylase
 - $N_{exp} = 3$ ntrt = 12 / maïs
- **Chez les vaches laitières**
- - 9 publications (1995-2011); α -amylase
 - $N_{exp} = 11$ ntrt = 35 / 30 – 60% Conc/ 20-30% amidon

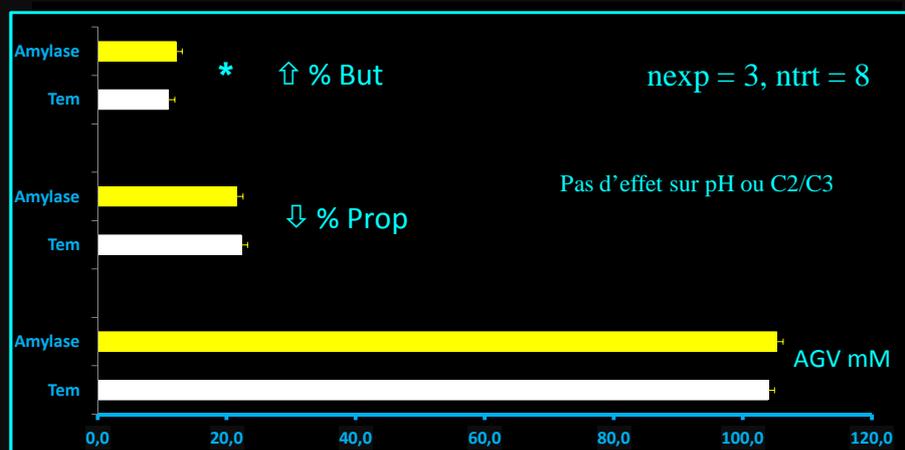
Digestion de l'amidon après apport « d'amylase » chez les bovins laitiers ou les ovins en croissance



Effet de l'apport « d'amylase » sur la digestion dans le rumen et dans le tube digestif chez les ovins et les bovins laitiers

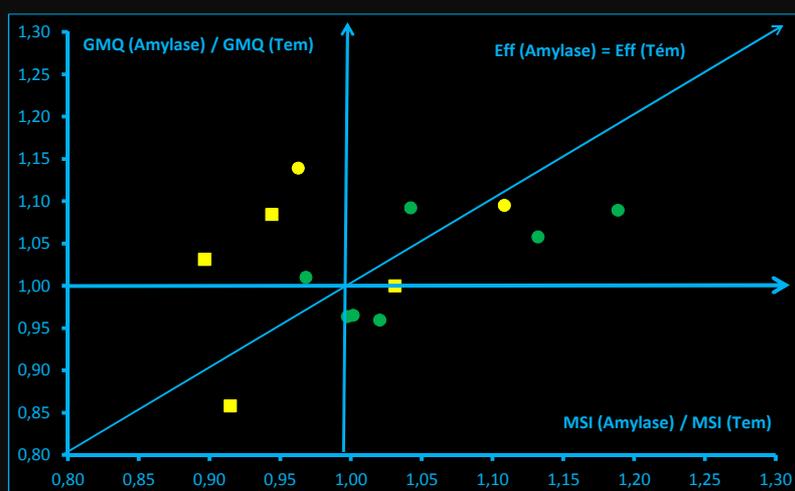
- $Digest(\%) = \mu + Enz(0,1) + Esp_i + Expe_j(Esp_i) + E_{ijk}$
- OM
 - Rumen: Enz = + 1.12 (2.41, NS) RMSE = 3.41, nexp = 3, ntrt=9
 - TD Enz = + 1.09 (1.21, NS) RMSE = 2.09, nexp = 7, ntrt=25
- NDF
 - TD Enz = + 2.30 (1.95, 0.08) RMSE = 4.75, nexp = 5, ntrt=17
- ADF
 - TD Enz = + 1.76 (1.30, 0.08) RMSE = 1.96, nexp = 3, ntrt=10
- Amidon
 - Rumen: Enz = + 5.02 (4.7, NS) RMSE = 7.44, nexp = 3, ntrt=11
 - TD Enz = + 0.57 (1.46, NS) RMSE = 3.49, nexp = 7, ntrt=25

Effet de l'apport « d'amylase » sur les paramètres fermentaires ruminaux les bovins laitiers



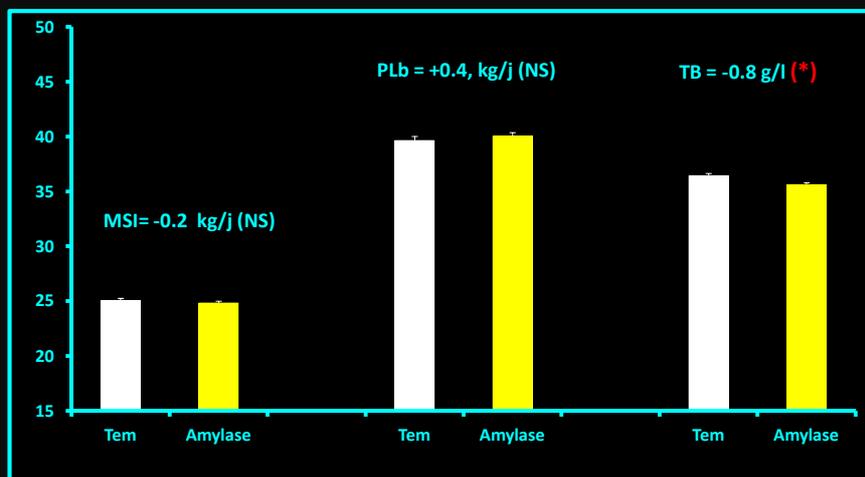
Même tendance numérique (NS) chez les ovins en croissance

Effet de l'apport « d'amylase » sur la croissance et l'efficacité alimentaire chez les ovins et les bovins

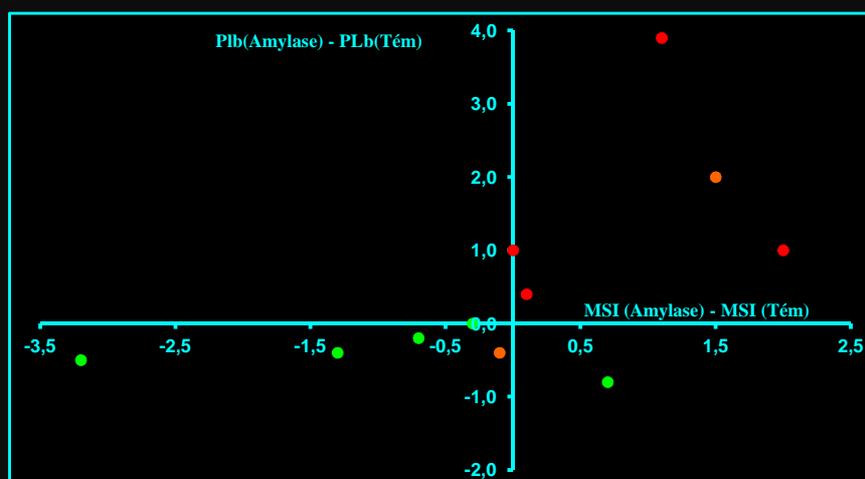


● Amylase (Bac. Licheniformis) Ovins, ■ Glucoamylase (Asp. niger) Ovins, ■ Amylase (Asp. oryzae) Bovins
Mora-Raimes et al., 2002; Buendia et al., 2003; Rojo et al., 2005; Tricarico et al., 2007.

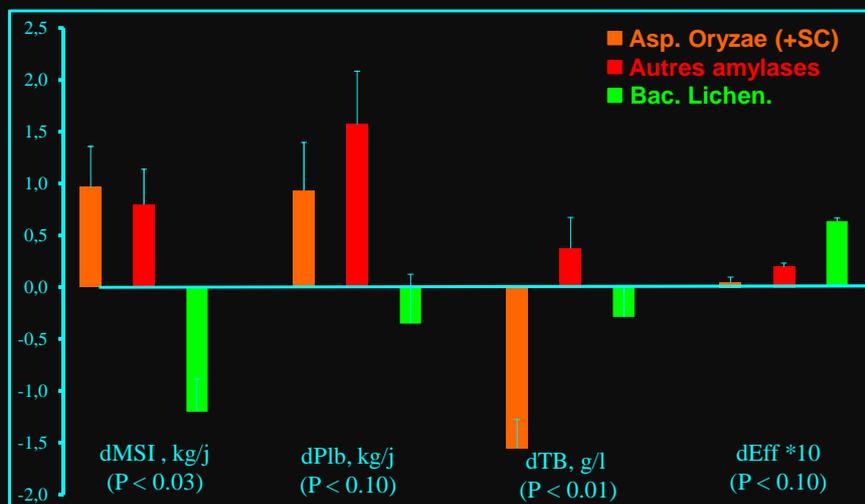
Effet de l'apport de diverses « amylases » sur les performances de production chez la VL



Covariations de la PLb et de la MSI en fonction du type d' α -amylase utilisée



Effet du type d'amylase sur les variations de performances de production chez la VL



L'apport en amylase peut-il compenser une 'faible' teneur en amidon de la ration des VL?

- Amidon (H) vs Amidon (B) vs [Amidon (B)+Amylase (Bac. Lichen.)]
- n_{exp}=4, n_{trt}=12; Gencoglou et al, 2010, Ferraretto et al, 2011, Weiss et al, 2011.
- Teneur en amidon des rations (H) : 27-31%/MS

	Amidon (H) vs Amidon(B)	Amidon (H) vs [Amidon (B)+ α -amylase]
Δ Amidon,%MS	+ 5.1 (0.2)	+ 5.5 (0.3)
Δ MSI, kg/j	- 0.5 (1.2)	+ 0.6 (0.5)
Δ PLb, kg/j	+ 1.3 (1.2)	+ 1.8 (1.0)
Δ (PLb/MSI)	+0.09 (0.08)	+ 0.04 (0.06)

CCL. Variabilité de réponse à l'apport d'amylase chez les ruminants

- α -amylase vs gluco-amylase [Ovins]
- Type de fourrage [Bovins en croissance]
 - CSH vs FL
- Niveau d'alimentation (Restreint vs ad lib.)
- Traitement de l'amidon
 - Cracked Corn (dry rolled) vs High Moisture Corn
- Effet dose (curvilinearité?) [Bovins + Ovins]

4) Apports d'enzymes « fibrolytiques » chez les ruminants

- Paramètres digestifs (Vaches laitières)
 - Digestibilité ruminale et fécale
 - Profil fermentaire
- Paramètres zootechniques
 - Vaches laitières
 - ~~Animaux en croissance~~

Méta-analyse de l'efficacité des enzymes fibrolytiques chez la VL: description de la base

➤ 1992-2011: 26 publications ; Nexp = 29, ntrt = 99, nVL=1076

➤ 2/3 lots avec EM (20-45% MSI) + autres fourrages (FL)

➤ Ration complète, ad lib., %Conc 52% [30-70], NDF 32% [26-45%]

➤ Activité enzymatique revendiquée : cellulase / xylanase / β -glucanase

➤ Nombreuses autres activités enzymatiques dans les préparations

➤ Apport sur fourrage (50% des lots), Conc ou le prémix (30%), la RC (20%)

➤ 90% des apports d'enzymes sous forme liquide

➤ Dose et rapport entre enzymes très variable :

Cellulase /Xylanase / β -glucanase : 1/1.5 à 1/5

Méta-analyse de l'efficacité des enzymes fibrolytiques chez la VL: principaux résultats (1)

Digestion dans le rumen (écart au témoin non supplémenté)

✦ OM vraie = + 1.74 % (\pm 1.21)	P < 0.15	nlot = 12
✦ ADF, NDF, Amidon :	NS	nlot = 12
✦ AGV : NS; Profil AGV: NS; pH	NS	nlot = 29

Digestion dans tube digestif (écart au témoin non supplémenté)

✦ MO = + 3.4% (\pm 2.0)	P < 0.10	nlot = 31
✦ NDF = + 3.0% (\pm 1.2)	P < 0.01	nlot = 44
✦ ADF = + 3.8% (\pm 3.9)	P < 0.01	nlot = 38
✦ N = + 3% (\pm 1.4%)	P < 0.05	nlot = 31

Méta-analyse de l'efficacité des enzymes fibrolytiques chez la VL: principaux résultats (2)

Critères de production (écart au témoin non supplémenté)

◆ MSI = + 0.35 kg/j (\pm 0.13)	P < 0.10	[-1.1; +2.7]	nlot = 99
◆ PLb = + 0.93 kg/j (\pm 0.40)	P < 0.03	[-1.5; +6.3]	nlot = 99
◆ TB, TP, TL, cell:	NS		
◆ Effic : +0.02 (\pm 0.01)	P < 0.05	[-0.13; +0.23]	nlot = 99
◆ GMQ = +70 g/j	P < 0.15	[-0.50; +1.16]	nlot = 63

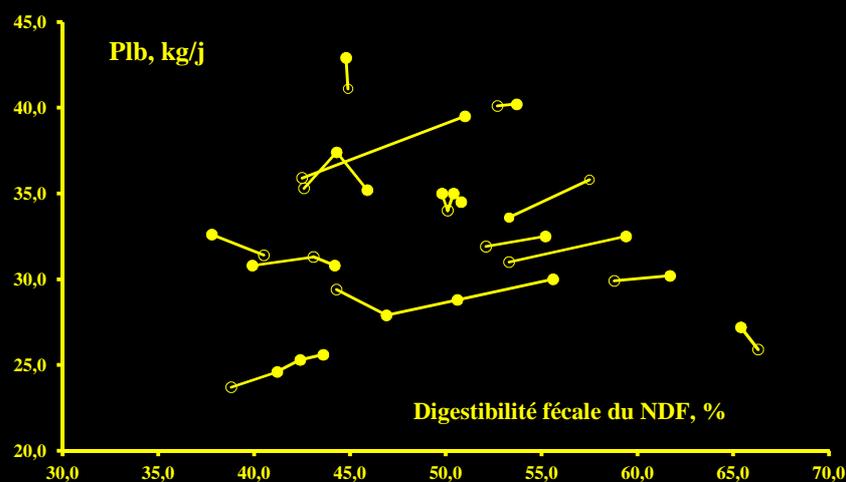
Début de lactation < 90j PP (nlot = 53)

⊗ MSI = +0.29 kg (\pm 0.33)	NS
⊗ PLb = +1.50 kg (\pm 0.41)	P < 0.001
⊗ Effic = +0.05 (\pm 0.02)	P < 0.05

Milieu de lactation < 90j PP (nlot = 36)

⊗ MSI = +0.30 kg (\pm 0.21)	P < 0.15
⊗ PLb = +0.2 kg (\pm 0.38)	NS
⊗ Effic = +0.01 (\pm 0.03)	NS

Relation intra-essai entre l'amélioration de la digestibilité du NDF dans le tube digestif et l'accroissement de production laitière chez les vaches recevant des enzymes fibrolytiques



5) Apports d'autres préparations enzymatiques chez les ruminants

- Protéases
- Phytases

Effet de l'apport de protéases et du pourcentage de concentré sur les performances des VL

Eun et Bauchemin 2005

% Conc Protease	BAS (40%)		HAUT(66%)		P <
	-	+	-	+	
Activité Xylanase, U/ml	672	846	744	1086	↑ *
Activité Protéase, U/ml	0.30	0.31	0.40	0.74	↑ *
C2/C3	3.69	3.47	2.26	2.16	↓ *
pH	5.95	6.00	5.60	5.50	↓ *
dN	75	78	72	80	↑ *
dADF	25	28	22	30	↑ *
MSI, kg/j	24	23	27	25	↓ *
Plb, kg/j	43	41	48	45	↓ *
PLb/MSI	1.79	1.81	1.78	1.86	↑ *

Protex 6L (Genencor International) issue de Bac licheniformis

Effet de l'apport d'un mélange de cellulase et de phytase sur l'excrétion d'N et de P par les VL

Knolwton et al., 2007

	Témoin	Cellulase + Phytase	P <
Digestion fécale, %			
ADF	35.9	45.0	0.10
Azote	66.5	70.8	0.15
Excrétion, g/j			
Phosphore	66.9	55.2	↓ 0.01
Azote	252	203	↓ 0.01

Préparation commerciale : cellulase / phytase = 4,455 / 1,485 UI/kg de MS

Conclusions et perspectives

- Des enzymes de mieux en mieux caractérisées avec des effets positifs sur la digestion / les performances en dépit d'une certaine hétérogénéité des résultats
- Pas de résidus
- Nombreux facteurs interférents à caractériser
 - Enzyme X Ration X Taille de particules X Espèces...
- Apport mono-enzymes ou « cocktail » ?
- Interaction avec autres « additifs » (probiotiques, HE..)?
- Enzymes et CH₄ ?
- Mécanismes encore peu explorés