

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

Philippe Schmidely AgroParisTech

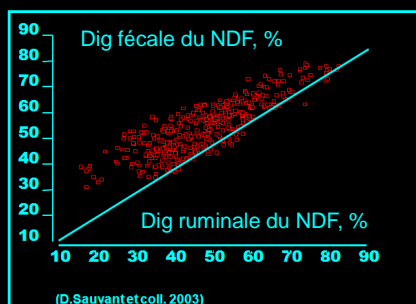


## **Plan de l'exposé**

- 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

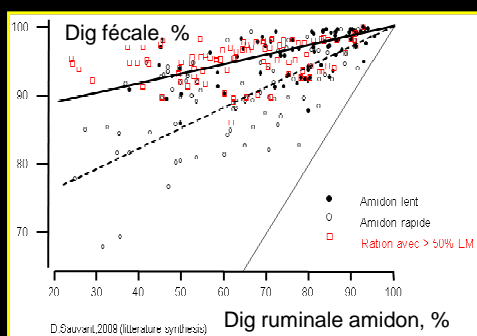


Améliorer la digestibilité des fourrages  
Réduire les effets d'interaction digestive  
Utilisation de coproduits  
Modifier les performances...

- 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 »
  - $\alpha$  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

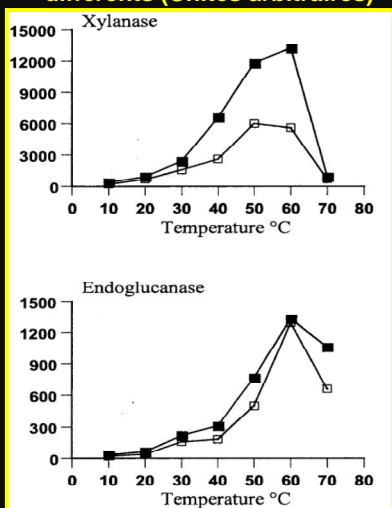
- **$\alpha$ -Amylase / Glucoamylase**
  - Bacillus licheniformis, (amyloliquefaciens, subtilis)
  - Aspergillus oryzae (+Sacch. Cerev), niger
  - 'Fungique' / 'Experimentale' ....
- **$\beta$ -glucanase / xylanase/ cellulase/ Ferulic esterase**
  - Trichoderma longibratum, reesei
  - Aspergillus niger....
- **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- $\beta$ -glucanase +  $\alpha$ -amylase  
(Additif zootechnique – Améliorateur de digestibilité- VL)

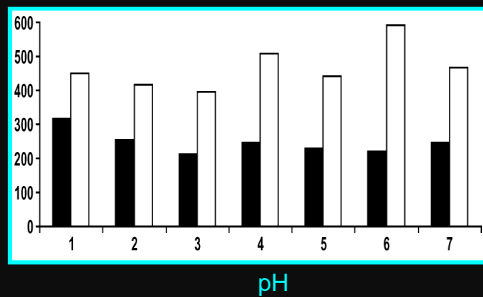
**Effet de la température et du pH sur les activités xylanase et endoglucanase de 2 complexes enzymatiques**

**2 complexes enzymatiques différents (Unités arbitraires)**



Vicini et al., 2003

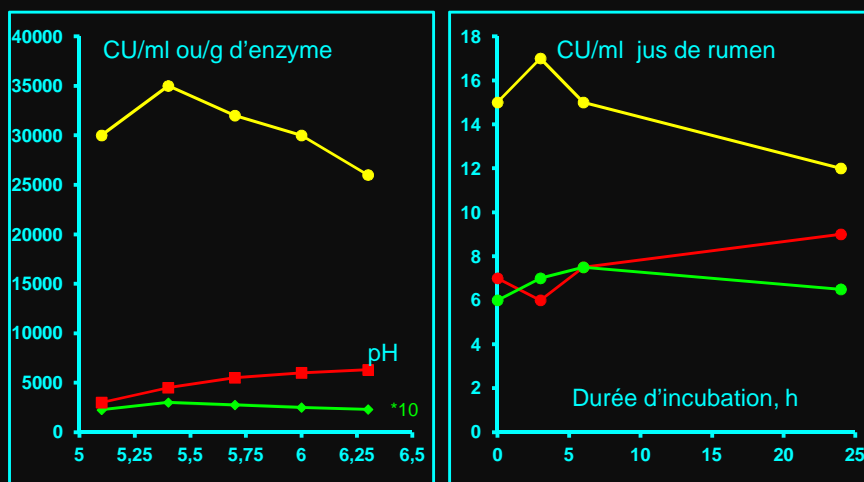
**Activité xylanase (■) et cellulase (□) d'un complexe enzymatique commercial**



Reddish and Kung, 2007

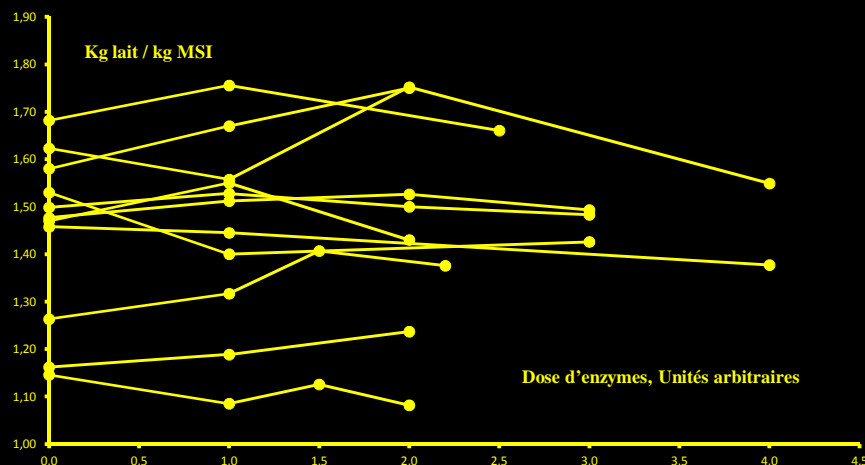
**Variations de l'activité amylasique et stabilité de cette activité dans le jus de rumen**

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

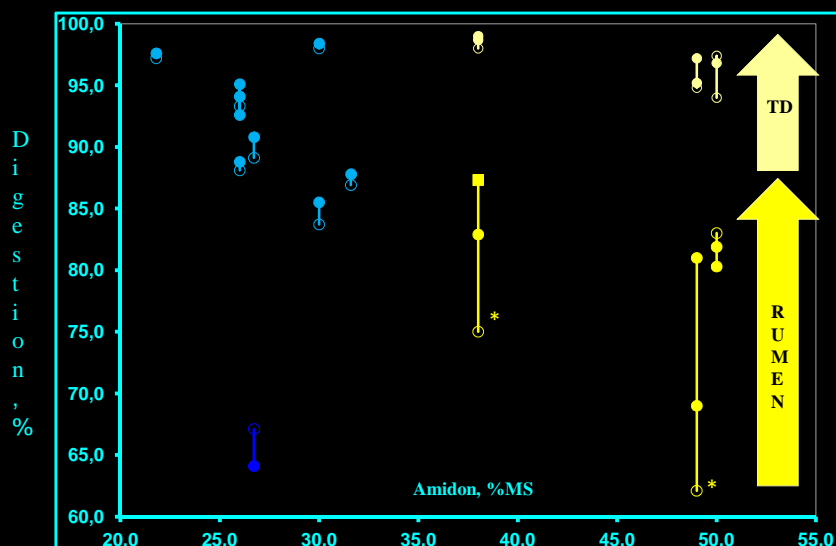
### 3) Apports d'amylase (sl) chez les ruminants

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

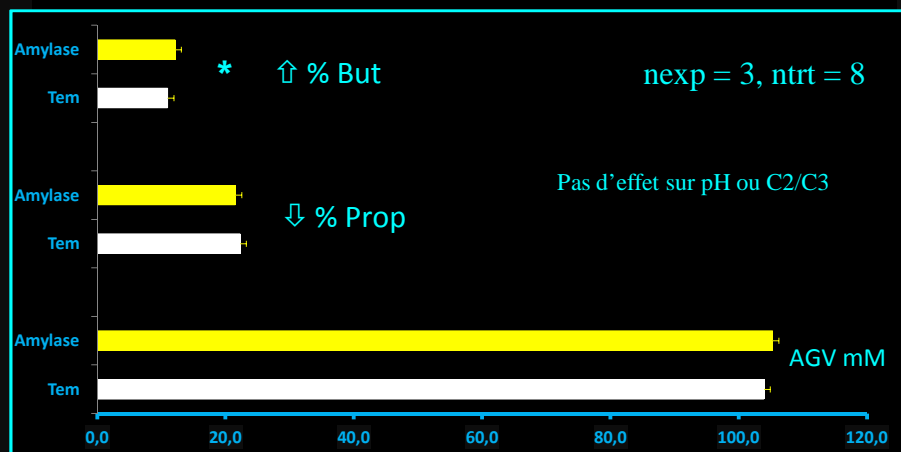
## Digestion de l'amidon après apport « d'amylase » chez les bovins laitiers ou les ovins en croissance



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

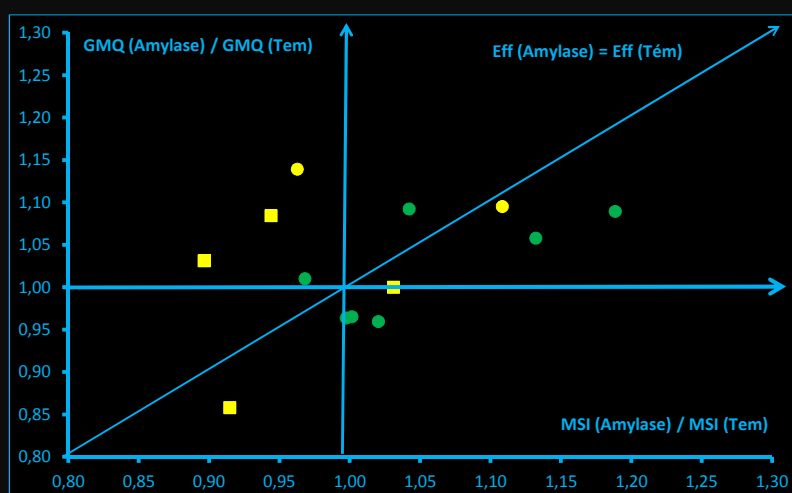
- $Digest(\%) = \mu + Enz(0,1) + Esp_i + Expe_j(Esp_i) + E_{ijk}$
- OM
  - Rumen:  $Enz = + 1.12 (2.41, NS)$  RMSE = 3.41,  $n_{exp} = 3$ ,  $n_{trt} = 9$
  - TD  $Enz = + 1.09 (1.21, NS)$  RMSE = 2.09,  $n_{exp} = 7$ ,  $n_{trt} = 25$
- NDF
  - TD  $Enz = + 2.30 (1.95, 0.08)$  RMSE = 4.75,  $n_{exp}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

## 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

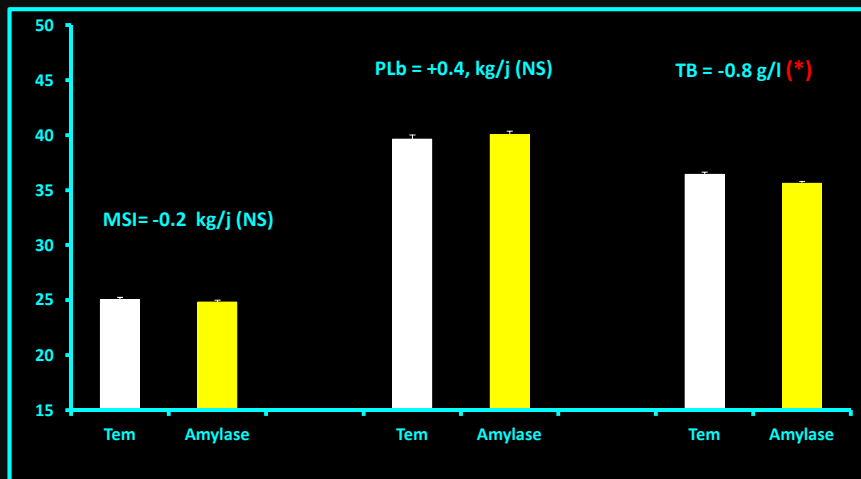


● Amylase (Bac. Licheniformis) Ovins, ■ Glucoamylase (Asp. niger) Ovins, ■ Amylase (Asp. oryzae) Bovins  
Mora-Raimes et al., 2002; Buendia et al., 2003; Rojo et al., 2005; Tricarico et al., 2007.

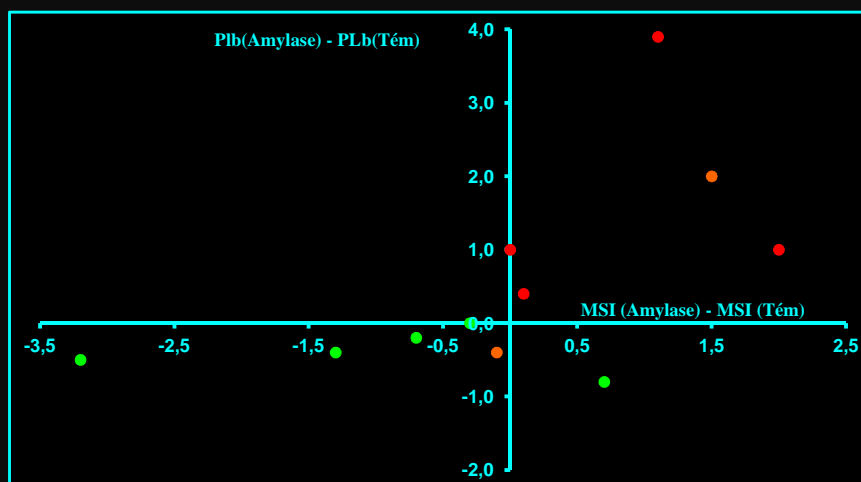




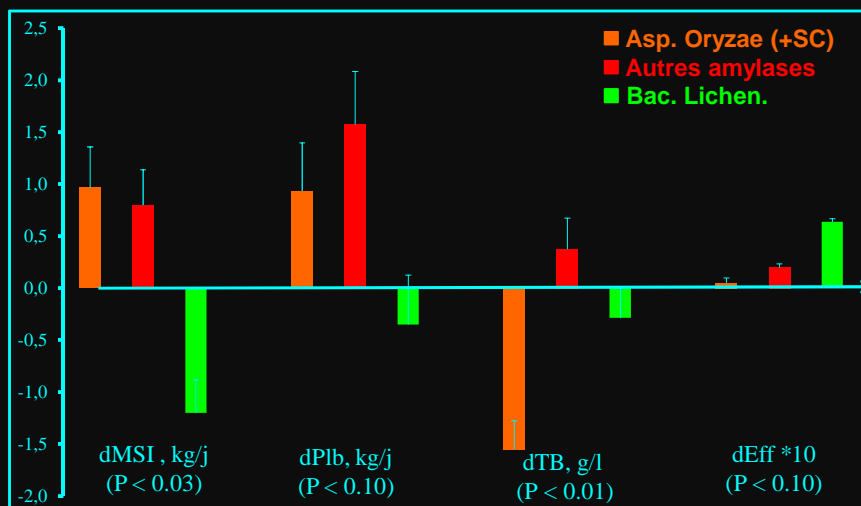
## Effet de l'apport de diverses « amylases » sur les performances de production chez la VL



## Covariations de la PLb et de la MSI en fonction du type d' $\alpha$ -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<sub>exp</sub>=4, n<sub>trt</sub>=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)+ $\alpha$ -amylase]
$\Delta$ Amidon,%MS	+ 5.1 (0.2)	+ 5.5 (0.3)
$\Delta$ MSI, kg/j	- 0.5 (1.2)	+ 0.6 (0.5)
$\Delta$ PLb, kg/j	+ 1.3 (1.2)	+ 1.8 (1.0)
$\Delta$ (PLb/MSI)	+0.09 (0.08)	+ 0.04 (0.06)

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

- $\alpha$ -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 /  $\beta$ -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 /  $\beta$ -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



## 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 CH<sub>4</sub> ?
- Mécanismes encore peu explorés