



Les nouveaux additifs alimentaires en élevage : pour une production animale mieux acceptée
Journée d'Automne de l'AFZ – 21 septembre 2011

Utilisation des Enzymes chez le Porc

Pierre-André GERAERT, Pierre COZANNET et Pierre DALIBARD
(et la "pierre" exceptionnelle de Gérard UZU)

Agenda : pourquoi des enzymes chez le Porc ?

- **Les fibres : un élément-clef de leur physiologie digestive**
- **Les enzymes-NSP* pour la dégradation des fibres**
- **Les enzymes-NSP en pratique :**
 - chez le porcelet en post-sevrage
 - chez le porc en croissance
 - chez la truie : de la gestation à la lactation
- **Les bénéfices additionnels des enzymes-NSP**
 - Enzymes et santé intestinale
 - Homogénéité, Environnement
 - Alimentation liquide
- **Messages à retenir et perspectives**

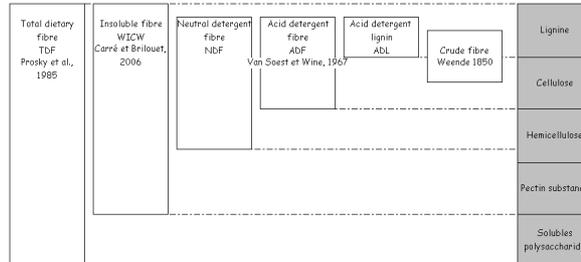
*NSP: Non Starch Polysaccharides = Polysaccharides non amylacés

Les fibres en alimentation porcine

■ L'évaluation des fibres

Cellulose brute ≠ Total dietary fiber

Caractéristiques des fibres (ramification, solubilité
traitement technologique...)



■ Teneur en fibres des régimes ■ Teneur en fibres des MP

moy (min-max) % NDF

Régimes porcelet : 9.1 (2.8-13.4)
Régimes croissance: 13.2 (10.1-18.4)
Régimes truies (gest/lact): 12.5/17.8



	Blé	Tt soja
Total NSP, ‰	119	217
Cellulose, ‰	20	62
Arabinoxyle, ‰	76	45
Galactose, ‰	5	41
NSP insolubles/tot, ‰	68	42

Bach Knudsen et al., 1997

Les principaux effets des fibres sur le tube digestif

■ Les effets directs

Une faible digestibilité: moyenne (min-max) 45% (0-80; Noblet *et al.*, 2006)
Une capacité à modifier la rhéologie des digesta (Bach Knudsen, 2001)
Une augmentation des fermentations caecales (Noblet *et al.*, 2004)

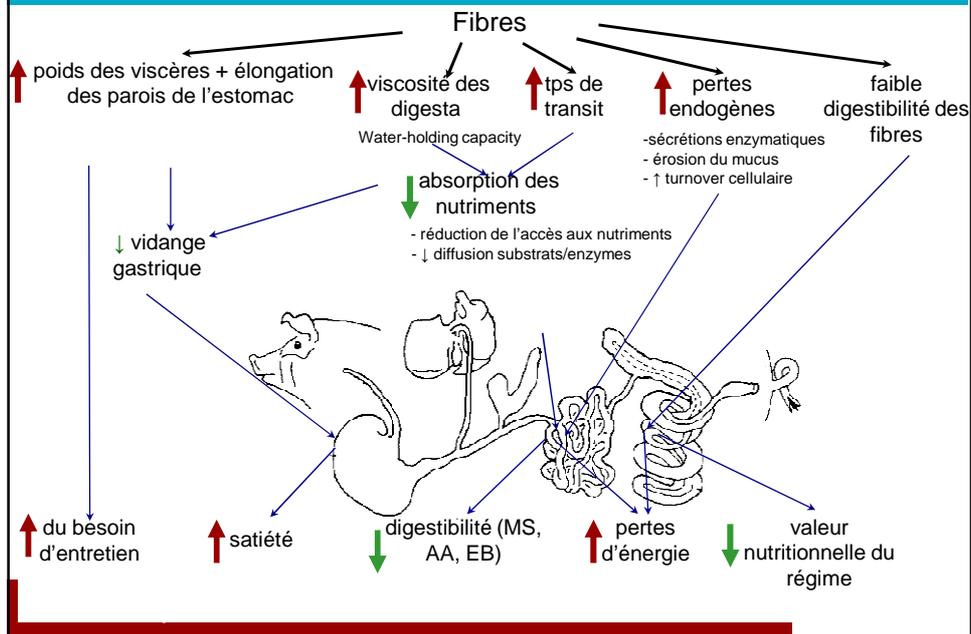
■ Les effets mécaniques

Compliance gastrique (Montagne *et al.*, 2003)
Satiété (Weng, 2001)
Élongation et augmentation du poids du tube digestif (Kerr *et al.*, 2010)
Modification du temps de transit (Wilfart *et al.*, 2007)

■ Les effets indirects

Augmentation des pertes endogènes basales
Augmentation du besoin d'entretien (Kerr *et al.*, 2010)
Réduction de la digestibilité des autres nutriments (Owusu-Asiedu *et al.*, 2006)
Réduction de la valeur nutritionnelle du régime (Noblet et Perez, 1993)

L'effet métabolique des fibres sur le tube digestif

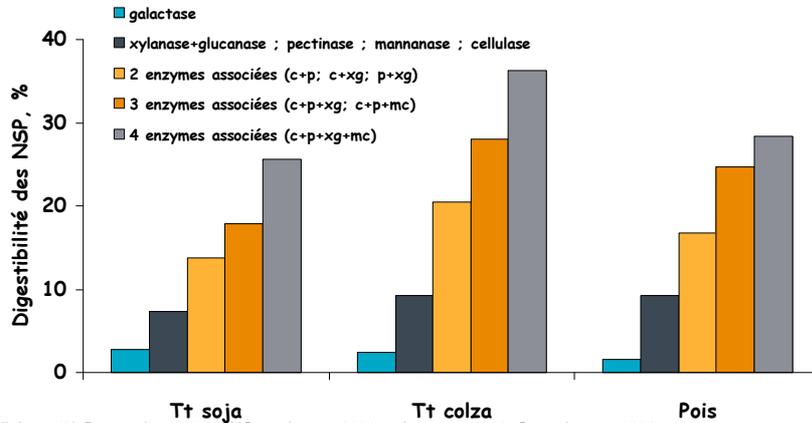


Agenda : pourquoi des enzymes chez le Porc ?

- Les fibres : un élément-clef de leur physiologie digestive
- Les enzymes-NSP pour la dégradation des fibres
- Les enzymes-NSP en pratique :
 - chez le porcelet en post-sevrage
 - chez le porc en croissance
 - chez la truie : de la gestation à la lactation
- Les bénéfices additionnels des enzymes-NSP
 - Enzymes et santé intestinale
 - Homogénéité, Environnement
 - Alimentation liquide
- Messages à retenir et perspectives

Enzymes: au delà de xylanase/ β glucanase (*in-vitro*)

- Xylanase/ β glucanase efficaces sur les céréales à paille d'autres matières premières nécessitent d'autres enzymes

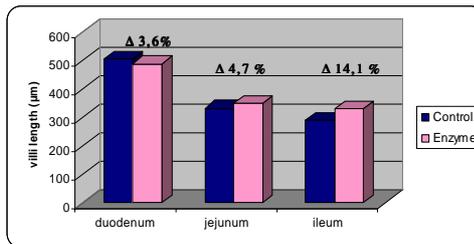


C = cellulase 34*, P = pectinase 1000, XG = xylanase 6360 + glucanase 4830, G = galactase 1000, M = mannanase 1000; UI/kg of feed

Meng *et al.*, 2005

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les enzymes-NSP améliorent le fonctionnement intestinal chez le porcelet en post-sevrage



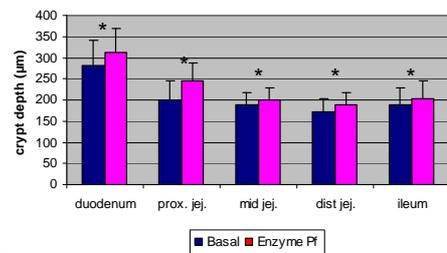
La taille des villosités augmente
+ 4.7% jejunum (P<0.05)
+ 14.1% ileum (P<0.01)

Régime Blé-Orge

La profondeur des cryptes aussi

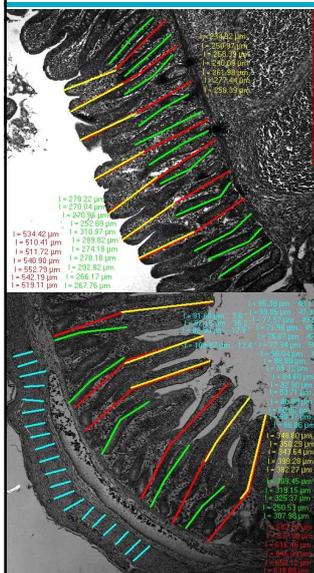
- Différences (P<0.1) ds ts les segments
- 10.6% duod. 23.0% prox. jej.
- 6.3% mi jej. 10.4% dist. Jej.
- 8.5% ileum

Régime Maïs



Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les enzymes améliorent la capacité d'absorption du TD



Augmentation du rapport « longueur des villosités/profondeur » des cryptes
Réduction de l'épaisseur des muqueuses et musculuses intestinales

	Duodénum	Jéjunum	Iléum
Variation, %			
Ratio villosité/crypte	+ 9.2	+ 6.2	+ 15.8
Épaisseur muqueuse	-	- 34.3	- 37.3
Épaisseur musculuse	- 28.0	- 23.5	-



Accroissement de la capacité d'absorption

des nutriments

Mori et al., 2007

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les enzymes-NSP améliorent la digestibilité *in-vivo*

Sur des régimes complets

	Dig. Iléale			Dig. Fécale			Statistique		
	Enzyme		Var, %	Enzyme		Var, %	Iléal vs Fécal	enzyme	inter
	-	+		-	+				
Digestibilité (n = 319; 27 régimes)									
MS	65.0	68.1	4.8	80.0	82.0	2.5	<0.01	<0.01	0.50
MO	64.0	68.9	7.7	86.1	87.1	1.1	<0.01	0.12	0.27
Amidon	92.3	96.7	4.8	96.8	99.0	2.2	0.23	0.21	0.65
M grasses	55.8	56.8	1.8	71.8	74.0	3.0	0.05	0.72	0.86
Azote	70.1	74.1	5.7	80.7	82.9	2.7	<0.01	<0.01	0.31
NDF	4.5	14.2	212.9	45.5	50.8	11.6	<0.01	<0.01	0.32
EB	66.3	69.6	5.0	79.0	81.7	3.5	<0.01	<0.01	0.80

- Effet significatif sur la digestibilité de tous les nutriments
- Effet dans les parties hautes du tube digestif

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les enzymes-NSP améliorent la digestibilité *in vivo*

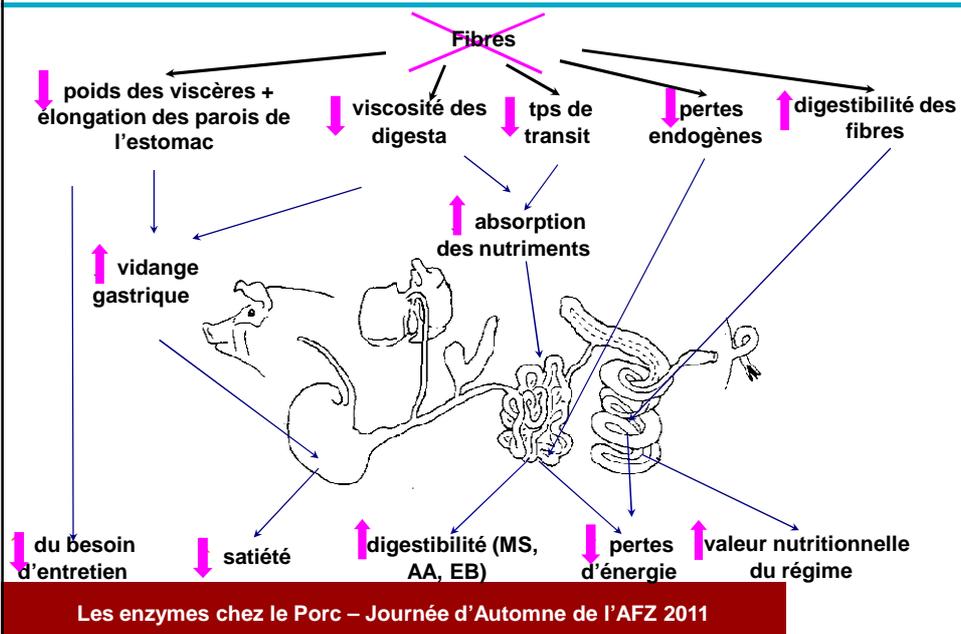
Sur les matières premières

■ Méthodologie :

24 porcs canulés # 20kg, 4 jours d'adaptation 3 jours de collecte
Mesures par marqueurs et différence : 4 régimes expérimentaux x 2 niveaux d'enzymes, 6 animaux par traitement, 2 périodes successives

Enzyme	CUD EB, %			CUD N, %		
	-	+	Delta	-	+	Delta
Dig. Iléale						
Orge	70.1	72.2	2.1	71.1	74.5	3.4
Blé	79.5	81.0	1.5	77.5	77.5	0.0
Drêche maïs	59.5	62.1	2.6	75.5	80.7	3.4
Dig. Fécale						
Orge	78.1	79.6	1.5	74.7	80.2	5.2
Blé	85.2	86.0	0.8	83.4	83.4	0.0
Drêche maïs	67.6	70.5	2.9	71.7	77.2	5.5

En résumé : effet bénéfique des carbohydrases



Agenda : pourquoi des enzymes chez le Porc ?

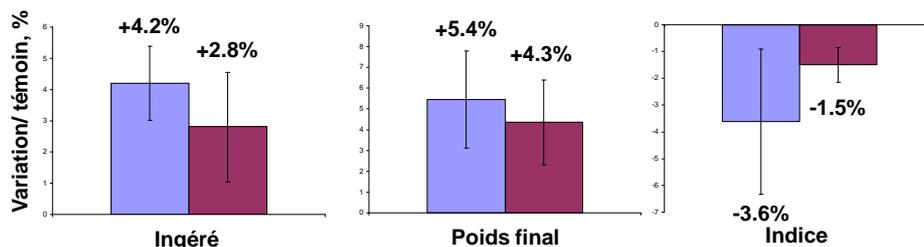
- Les fibres : un élément-clef de leur physiologie digestive
- Les enzymes-NSP pour la dégradation des fibres
- Les enzymes-NSP en pratique :
 - chez le porcelet en post-sevrage
 - chez le porc en croissance
 - chez la truie : de la gestation à la lactation
- Les bénéfices additionnels des enzymes-NSP
 - Enzymes et santé intestinale
 - Homogénéité, Environnement
 - Alimentation liquide
- Messages à retenir et perspectives

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Des améliorations différentes selon le stade

Différence par rapport au témoin

Porcelet (n=5) ■ Porc en croissance (n=4) ■



- L'effet sur les performances est plurifactoriel:
 - Effet de la composition des aliments et des contraintes (intérêt de l'approche MP)
 - Effet positif sur le tractus digestif
 - Effet positif sur l'ingestion (porcelet ++; porc+)
 - Effet positif sur la digestibilité des nutriments (porcelet +; porc ++)
- L'effet sur l'indice indique un effet plus bénéfique de l'emploi d'enzyme au stade post-sevrage

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les Enzymes-NSP : un intérêt chez la Truie

Les challenges des truies à la reproduction

- **Compétition entre fonctions de reproduction et digestion**
 Rationnement des animaux en gestation
 Appétit limité immédiatement après la mise bas
- **Mobilisation importante des réserves durant la lactation (18 à 28 jours)**
 Perte d'épaisseur de lard dorsal et de réserves musculaires
 Production de lait sub optimale pour la portée → croissance limitée, mortalité précoce des porcelets
- **Perte importante d'état, délai au retour à la reproduction ... effet sur les performances de reproduction du troupeau**
 Prolificité des truies, longévité, intervalle entre mises bas (Clowes, 2006; Close & Cole, 2000)

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les Enzymes-NSP : un intérêt chez la Truie

Bilan de 6 essais en lactation

Station Expérimentale	Régimes	Truies/ traitement	Mode d'alimentation	Durée de lactation
1 Maple Leaf (Canada)	55% Mais 25% SBM	65, individuel	Granulés: Ad libitum	19 jours
2 Prairie Swine Center (Canada)	30/25% Orge/Blé 25% SBM	50, individuel	Farine: 2.5kg avant mise bas; ad lib	21 jours
3 Prairie Swine Center (Canada)	50/27% Orge/Blé 25% SBM	25, individuel	Farine : adaptation 1sem avant mise bas	21 jours
4 University of Santa Maria (Brazil)	53% Mais 29% SBM	12 rep. x 4 truies	Ad lib	21 jours
5 University of animal husbandry (Serbia)	64/10% Mais/issues 25% SBM	10, individuel	Ad lib dès la mise bas	34 jours
6 Primex (France)	34/25% Blé/Orge	60, individuel	Progressivement ad lib	28 jours

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les Enzymes-NSP : un intérêt chez la Truie

Bilan de 6 essais en lactation

Lot		Poids post mise bas (kg)	Poids au sevrage (kg)	Variation de poids (kg)	Gain (kg)
1	Témoin	229.3	217.6	-11.7	
	Enzyme	219.2	210.0	-9.2	2.5
2	Témoin	263.9	260.3	-3.7	
	Enzyme	262.6	263.2	+0.6	4.3
3	Témoin	280.0	256.2	-23.8	
	Enzyme	288.0	265.9	-22.1	1.7
4	Témoin	272.8	249.3	-23.5	
	Enzyme	264.3	244.7	-19.6	3.9
5	Témoin	210.0	186.7	-23.3	
	Enzyme	209.6	191.7	-17.9	5.4
6	Témoin	253	227	-27	
	Enzyme	255	231	-24	3.0

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les Enzymes-NSP : un intérêt chez la Truie

Un effet encore plus important chez les Primipares

Essai n°7 – Station Rech France – Aliment base blé

	Nombre de parités					
	1		2 et 3		4 et +	
	Témoin	Enzyme	Témoin	Enzyme	Témoin	Enzyme
Ingestion, kg/j	6,3	6,3	6,4	6,5	6,4	6,7
Durée de lactation, j	18,4	18,4	19,4	20,0	19,1	19,9
Poids vif, kg						
Début	222	217	256	260	285	285
Variation	-13	-5	-14	-14	-3	-1
Epaisseur de lard dorsal, mm						
Début	17,7	17,3	16,3	15,9	15,6	15,0
Variation	-2,5	-2,7	-3,4	-3,6	-3,4	-1,1

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Agenda : pourquoi des enzymes chez le Porc ?

- Les fibres : un élément-clef de leur physiologie digestive
- Les enzymes-NSP pour la dégradation des fibres
- Les enzymes-NSP en pratique :
 - chez le porcelet en post-sevrage
 - chez le porc en croissance
 - chez la truie : de la gestation à la lactation
- Les bénéfices additionnels des enzymes-NSP
 - Enzymes et santé intestinale
 - Homogénéité, Environnement
 - Alimentation liquide
- Messages à retenir et perspectives

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

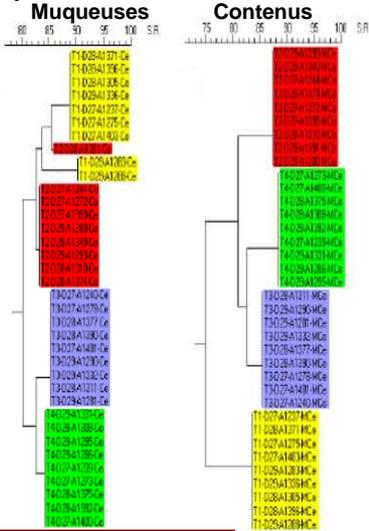
Santé digestive du porcelet (stress pathogènes)

- **Un stress infectieux chez le porcelet induit:**
 - Une baisse de l'ingestion
 - Une baisse de la digestibilité
 - Un retard de croissance
- **L'effet des enzymes:**
 - Augmentation de la digestibilité des nutriments dans les parties hautes du tube digestif
 - Réduction de la viscosité des digesta
 - Production d'oligosaccharides à potentiel prébiotique (Partridge & Tucker, 2000)
- **Évidences de l'effet bénéfique d'enzyme**
 - Les xylo oligosaccharides augmentent les populations de *Bifidobacteria spp.* et *Bacteroides spp.* (Austin *et al.*, 1999; volailles)
 - Une réduction de l'incidence des diarrhées chez les porcelets liée à l'ajout de carbohydrases (Inborr et Ogle, 1988)
 - Les effets varient en fonction des conditions expérimentales (*i.e.* population initiale, régime, management...)

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Effet sur le tractus (Gros intestin)

Population bactérienne caecale des:



- Libération plus importante de substrat pour la flore bactérienne (Dos Santos et al. 2009)
- Les enzymes augmentent la diversité bactérienne
- Prolifération de bactéries lactiques (Högberg and Lindberg 2004; Kiarie et al. 2007)
- Inhibition indirecte de la croissance des bactéries pathogènes (Choi et al. 1994)

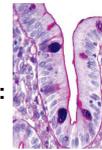
■ Maïs soja ■ Blé orge seigle soja
■ Maïs soja + enz ■ Blé orge seigle soja + enz

Dos Santos et al., 2009

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

La santé digestive : moins d'inflammation

- ✓ Effets physiques (barrière) par plus de mucine sécrétée (Goblet cells)
Les enzymes-NSP augmentent la sécrétion de mucine => ↓ translocation des pathogènes, ↑ capacité d'adsorption des toxines, ↑ substrats pour les bactéries bénéfiques (Thompson et Applegate 2005)



- ✓ Les enzymes-NSP peuvent aussi réduire l'antigénicité de certains aliments : moins de lymphocytes intra-épithéliaux, moins d'IgA

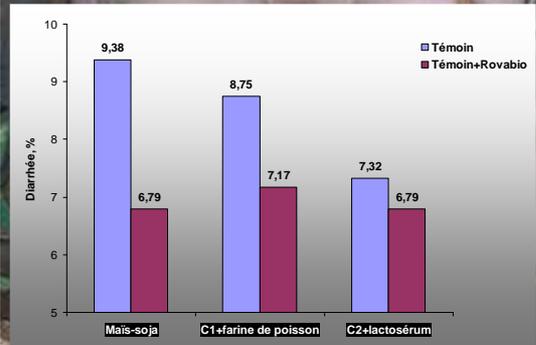
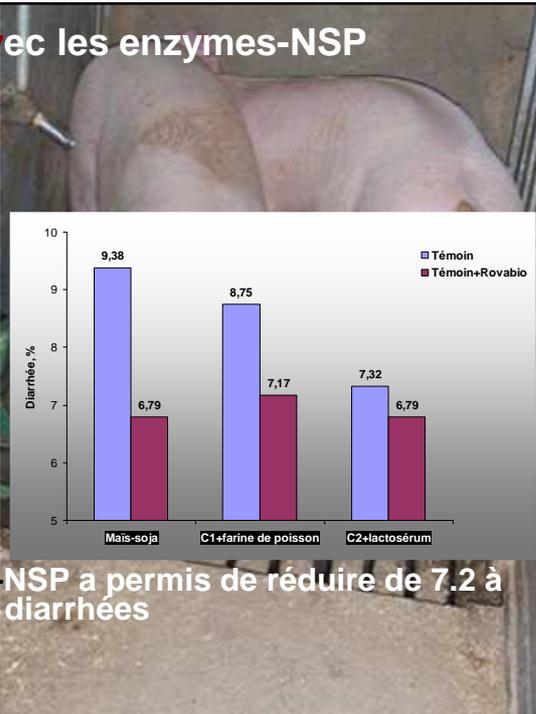
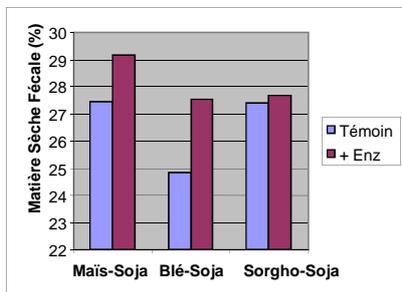
	C -	C +	W -	W +	SEM	p-value
Goblet cells	9.5	9.3	8.0	9.4	0.573	0.1543
IgA bile (µg/ml)	51.8 ^a	27.0 ^b	35.3 ^{ab}	32.1 ^{ab}	5.295	0.0465
IntraEpithelial Lymphocytes	4.8 ^a	3.1 ^b	2.8 ^b	3.2 ^b	0.322	0.0002

Dos Santos et al., 2009
9 porcs par traitement
4 sem expérimentales
Maïs (C) 71%
Blé-Orge-Seigle (W)

Lymphocytes T	C -	C +	W -	W +
CD4+ and CD8+	+++	+	+	+

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Moins de diarrhées avec les enzymes-NSP



- L'utilisation d'enzymes-NSP a permis de réduire de 7.2 à 27.8% la fréquence des diarrhées

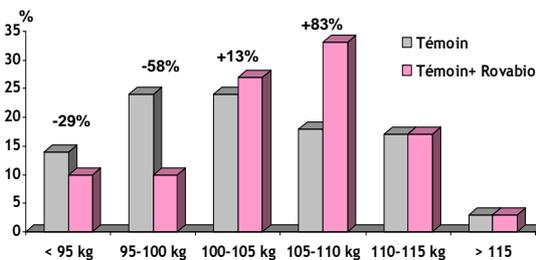
Les enzymes chez le Porc – Jour

Amélioration de l'homogénéité des animaux



Poids sortie Post sevrage

Régime : Blé, t.de soja
116 porcelets par traitement



Poids sortie Élevage

Régime : Orge, blé, t.de soja
30 porcs par traitement

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Des effets sur le fonctionnement des élevages

4 scénarios:

- « Témoin » Traitement témoin sans enzyme en PS et engraissement
- « +1.5kg / témoin » Enzyme en post-sevrage : +1,5 kg de PV
- « Témoin / + 2 kg » Enzyme en engraissement : +2,0 kg de PV
- «+ 1.5 kg / + 2 kg » Enzyme en PS et engraissement : +1,5 et 2 kg de PV, resp

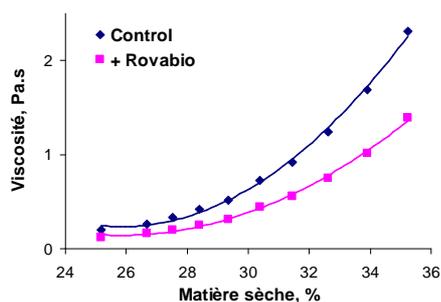
Post-sevrage	Témoin	+ 1,5 kg	Témoin	+ 1,5 kg
Croissance/Finition	Témoin	Témoin	+ 2,0 kg	+ 2,0 kg
Poids départ	25	27	25	27
Poids fin	105	107	107	109
Équation, Date=fct (pds)	$y=1,31 x -32,8$	$y=1,31 x -34,8$	$y=1,28 x -32,0$	$y=1,28 x -33,9$
Date de sortie				
100 kg	98	97	96	94
105 kg	105	103	102	101
110 kg	112	110	109	107

4-5 jours de présence en moins dans l'élevage

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les enzymes-NSP: un intérêt en alimentation soupe

Performances Technologiques



- **Réduction de la viscosité du mélange** (de 20 à 40 %)

■ Conséquences

- Economie d'énergie pour la fabrication des soupes
- Possibilité d'augmenter la MS des mélanges
- Réduction des lisiers

Performances zootechniques

Bologne Univ, Prof Mordenti

Régime croissance/finition

45/50% maïs
20/21% orge
20/15% tt soja
10/10% son de blé

Alimentation rationnée

2.10 kg/animal/j

	Témoin	+ Rovabio
Poids, kg		
Initial	39,5	39,7
Final	110,4 a	118,2 b
Gain, g/j	554 a	613 b
IC	3,62 a	3,39 b

Agenda : pourquoi des enzymes chez le Porc ?

- Les fibres : un élément-clef de leur physiologie digestive
- Les enzymes-NSP pour la dégradation des fibres
- Les enzymes-NSP en pratique :
 - chez le porcelet en post-sevrage
 - chez le porc en croissance
 - chez la truie : de la gestation à la lactation
- Les bénéfices additionnels des enzymes-NSP
 - Enzymes et santé intestinale
 - Homogénéité, Environnement
 - Alimentation liquide
- Messages à retenir et perspectives

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011

Les Enzymes en Porcs : messages et perspectives

- **Utilisation première des enzymes fibrolytiques : la dégradation des NSP du régime**
 - Spécificité enzyme substrat mais association bénéfique d'enzymes (i.e. profil large d'activités enzymatiques...)
 - La meilleure valorisation de matières premières permet de revoir la formulation des régimes pour bénéficier au mieux des enzymes
 - Intérêt de raisonner la supplémentation enzymatique comme un tout : compte tenu des interactions entre substrats et donc entre les effets des enzymes (NSPase et phytase)
- **Méthodologie d'étude de l'action d'une enzyme**
 - Relation enzyme x substrat (*in vitro*), amélioration de la digestibilité ou réduction des pertes endogènes (bilan *in vivo*)
 - Actualisation des matrices de valeurs nutritionnelles (MP ou famille de MP)
 - Amélioration des performances
- **Une multitude d'effets bénéfiques à prendre en compte**
 - Mode d'alimentation : solide ou soupe avec des bénéfices techniques
 - Système d'élevage (gestion en bande, gestion individuelle) : durée d'élevage
 - Conditions sanitaires : challenges du système digestif

Les enzymes chez le Porc – Journée d'Automne de l'AFZ 2011