

Efficacité d'adsorbants contre les mycotoxines de *Fusarium* chez le porc

A. GUTZWILLER, L. CZEGLÉDI et P. STOLL, Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), Tioleyre 4, CH-1725 Posieux
L. BRUCKNER, Institut de virologie et d'immunoprophylaxie (IVI), Sensemattstrasse 293, CH-3147 Mitholz

@ E-mail: andreas.gutzwiller@alp.admin.ch
Tél. (+41) 26 40 77 223.

Résumé

Une recherche dans différentes banques de données a démontré que, en conditions expérimentales, aucun adsorbant de mycotoxines n'a atténué la diminution de croissance provoquée par des toxines de *Fusarium* chez le porcelet. L'efficacité de ces adsorbants contre l'effet hormonal de la mycotoxine zéaralénone est également peu documentée. Dans deux essais sur 220 porcelets sevrés, l'efficacité du marc de pommes contre les effets des toxines de *Fusarium* chez le porc a été examinée. Les aliments contaminés ont diminué l'ingestion et la croissance; de plus, la matrice des porcelets a été agrandie sous l'effet de la zéaralénone. L'adjonction de marc de pommes aux aliments contaminés a amélioré la croissance sans pour autant diminuer l'effet de la zéaralénone sur la matrice. Le marc de pommes peut donc améliorer la croissance des porcs recevant un aliment contaminé par des toxines de *Fusarium*.



Fig. 1. Des porcelets Grand Porc Blanc sevrés ont pris part aux deux essais qui ont duré cinq semaines. Les animaux étaient détenus en petits groupes.

Les intoxications dues au *Fusarium*: une vieille histoire

Les champignons pathogènes *Fusarium spp.* contaminent le maïs et les céréales sur tige et peuvent produire des mycotoxines. Les premiers cas documentés de problèmes provoqués par ces toxines en Suisse datent des années 1920: STÖCKLI (1929) décrit des cas de porcs intoxiqués par de l'orge importé des Etats-Unis et fortement contaminé par le *Fusarium*. Ce n'est que quarante ans plus tard que les principales toxines de ce champignon ont été isolées et que leur structure chimique a été décrite. Le déoxynivalénol (DON), la toxine de *Fusarium* la plus répandue, freine l'appétit, influence le système immunitaire, rend l'animal plus sensible à différentes maladies et peut diminuer la fertilité. Une autre toxine produite par *Fusarium*, la zéaralénone, a des effets hormonaux et peut ainsi provoquer des problèmes de fertilité. Les toxines de *Fusarium* sont partiellement dégradées par les micro-organismes dans la paille. C'est pourquoi les bovins sont plus résistants à ces mycotoxines que les porcs. Les valeurs indicatives de DON et de zéaralénone dans la ration des bovins et des porcs (tabl.1) reflètent cette différence de sensibilité.

Tableau 1. Valeurs limites indicatives pour la teneur des rations (à 88% MS) en DON et en zéaralénone.

Espèce et type d'animal de rente	DON (mg/kg)	Zéaralénone (mg/kg)
Porc d'élevage prépubère	1,0	0,05
Truie adulte, porc à l'engrais	1,0	0,25
Génisse, vache laitière	5,0	0,5

Valeurs indicatives du Ministère allemand pour l'alimentation, l'agriculture et la forêt. Si ces valeurs ne sont pas dépassées, on peut pratiquement exclure tout effet négatif sur les animaux.

Inactivation des toxines de *Fusarium* dans les aliments pour porcs

Le risque de fusariose des céréales sur tige peut être diminué par des mesures préventives. Néanmoins, lorsque les conditions météorologiques lui sont favorables, certains lots de céréales peuvent être fortement contaminés par ce champignon et ses toxines. C'est pourquoi la recherche tente de mettre au point des produits capables d'inactiver ces mycotoxines présentes dans les aliments ou de diminuer leur absorption dans

Tableau 2. Antidotes et autres procédés contre les mycotoxines testés chez le porc.

Catégorie animale	DON (mg/kg d'aliment)	Produit ou procédé	Influence sur la croissance*	Auteurs
Porcelets sevrés	4,5-6	Polymère de glucomannane**	↓ ***	SWAMY <i>et al.</i> (2002)
Porcelets sevrés	5,5-6	Polymère de glucomannane**	→	SWAMY <i>et al.</i> (2003)
Porcs à l'engrais	2,5-3	Mycofix® Plus	→	DÄNICKE <i>et al.</i> (2004a)
Porcs à l'engrais	5-7	Mycofix® Plus	→	WEISS <i>et al.</i> (1999)
Porcelets sevrés	2,5-3	BioPlus2B® (probiotique)	→ (↑ 1 ^{re} semaine)	DÄNICKE <i>et al.</i> (2004)
Porcs à l'engrais	5	Antitox Vana® (contient PVP)	→	FRIEND <i>et al.</i> (1984)
Porcelets sevrés	3,5-7	Na-Ca-aluminosilicate	→	PATTERSON et YOUNG (1993)
Porcelets sevrés	7	Bisulphite-Na + chaleur humide	↑	YOUNG <i>et al.</i> (1987)
Porcelets sevrés	3	Bisulphite-Na + chaleur humide	↑	DÄNICKE <i>et al.</i> (2005)

* ↑ = amélioration significative, ↓ = diminution significative, → = aucun effet du produit ou procédé testé par rapport à l'aliment contaminé sans le produit/procédé testé.

**Produit par la maison Alltech.

***L'aliment contenant le polymère de glucomannane était plus fortement contaminé que l'aliment contaminé sans glucomannane.

l'intestin. L'efficacité des produits mis sur le marché n'a malheureusement pas été prouvée. Plusieurs produits adsorbants sont capables de lier le DON ou la zéaralénone dans des conditions de laboratoire, mais aucun des six additifs commercialisés réputés efficaces n'a démontré une efficacité satisfaisante contre les toxines de *Fusarium* (DÖLL *et al.*, 2004). De même, aucune des substances testées par des institutions scientifiques n'a significativement amélioré la croissance des porcs recevant un aliment contaminé au DON (tabl. 2). Le traitement des céréales avec du bisulfite de sodium et par la chaleur humide a en revanche diminué la concentration en DON et amélioré la croissance des porcs. La question de l'application à grande échelle d'un tel procédé, de sa rentabilité et d'éventuels effets secondaires sur l'animal se pose néanmoins. De plus, le bisulfite de sodium n'est pas homologué comme additif. L'efficacité d'additifs contre la zéaralénone a

rarement été testée chez le porc; seul le silicate d'aluminium a démontré un effet positif (réduction du poids de la matrice chez des porcelets), mais seulement lorsque l'aliment n'était que faiblement contaminé (COENEN et BOYENS, 2001).

Le marc de pommes contre les toxines de *Fusarium*?

Certaines fibres alimentaires semblent être capables de lier des toxines et par conséquent de diminuer leur absorption dans l'intestin grêle. L'objectif de recherches effectuées à Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) était de déterminer dans quelle mesure le marc de pommes est capable de réduire les effets néfastes des toxines de *Fusarium* chez le porcelet. Le marc de pommes a été choisi comme source de fibres, d'une

part parce qu'il est très appétissant pour les porcelets et, d'autre part, parce que ses pectines peuvent éventuellement protéger la muqueuse de l'estomac contre des substances irritantes comme le DON.

Essais avec des porcelets

L'effet des toxines de *Fusarium* sur la santé, les performances zootechniques et le système immunitaire du porcelet ainsi que l'effet protecteur du marc de pommes ont été examinés dans deux essais (voir encadré). Dans chaque essai, quatre aliments ont été comparés:

- un aliment sans toxines, sans marc (variante **T-M-**)
- un aliment sans toxines, avec 8% de marc (variante **T-M+**)
- un aliment contaminé, sans marc (variante **T+M-**)
- un aliment contaminé, avec 8% de marc (**T+M+**).

Dispositif expérimental

Animaux: porcelets Grand Porc Blanc de l'élevage ALP sevrés à l'âge de cinq à six semaines. Des groupes de quatre porcelets du même sexe provenant de la même portée ont été formés et répartis dans les quatre variantes.

Alimentation: la teneur en nutriments des quatre aliments exprimée en MJ EDP était pratiquement identique (tabl. 3 et 4) et correspondait aux normes pour porcelets sevrés. Deux lots de blé contaminé par *Fusarium* ont été utilisés pour la fabrication des aliments contaminés. Les aliments ont été distribués à volonté durant les cinq semaines de l'essai.

Examens spécifiques: analyses sanguines (hématologie, chimie clinique); réaction cutanée à l'injection de phyto-hémagglutinine (PHA) comme indicateur de l'immunité cellulaire; dans l'essai 1, formation d'anticorps après vaccination contre la parvovirose (1/10 de la dose vaccinale recommandée; cette faible dose a été choisie parce que des différences dans la production d'anticorps sont plus marquées lors du sous-dosage du vaccin). Poids du cœur, du foie, de la rate et des reins ainsi que l'état de la muqueuse de l'estomac de 56 porcelets abattus à la fin des essais. Poids de la matrice des porcelets femelles abattus.

Evaluation des données: comme le dispositif expérimental et les résultats des deux essais étaient semblables, les données ont été évaluées et décrites en commun.

Résultats

Légère diminution de la croissance

La teneur en DON des aliments contaminés (tabl. 3 et 4) était deux à trois fois supérieure à la valeur indicative valable pour les porcs (tabl.1); quant à la teneur en zéaralénone des aliments contaminés, elle a atteint la valeur limite indicative pour porcelets dans le premier essai et outrepassé cette valeur d'environ quatre à six fois dans le deuxième essai.

Aucun signe visible attribuable à la zéaralénone (vulve et tétines enflées) ou au DON (animaux chétifs, sensibilité accrue aux infections) n'est apparu. Les animaux des quatre variantes étaient en bonne santé; seuls quelques animaux ont été traités contre la diarrhée. Trois animaux provenant de trois variantes différentes sont morts.

Les deux aliments contaminés – sans et avec marc – ont réduit l'ingestion d'environ 10% (tabl. 5). Dans la variante toxines sans marc (T+M-), la croissance était également diminuée d'environ 10%, tandis que les porcelets de la variante toxines avec marc (T+M+) ont présenté une croissance identique à celle des porcelets recevant les aliments non contaminés. Fait surprenant, l'indice de consommation des animaux recevant les aliments contaminés s'est avéré légèrement meilleur que celui



Fig. 2. Matrices de deux porcelets abattus après le deuxième essai. A gauche: la matrice agrandie sous l'influence de la zéaralénone d'un porcelet recevant un aliment contaminé; à droite: la matrice d'un porcelet recevant un aliment non contaminé. Les autres organes examinés après l'abattage n'ont pas été influencés par les mycotoxines.

Tableau 3. Aliments utilisés dans le premier essai.

Composition et teneurs	Aliments expérimentaux*			
	T-M-	T-M+	T+M-	T+M+
Composants (g/kg)				
Marc de pommes		80		80
Blé contaminé par <i>Fusarium</i>			170	170
Blé non contaminé	270	610	100	440
Orge	350		350	
Maïs	60		60	
Tourteau de soja	240	250	240	250
Poudre de lactosérum	50	20	50	20
Graisse animale	5	9	5	9
Minéraux, vitamines, acides aminés				
Teneur en nutriments (g/kg)				
Matière azotée	190	190	190	200
Cellulose brute	35	38	35	39
Matière grasse	37	41	35	40
Cendres	49	46	52	48
EDP (MJ/kg)	13,4	13,3	13,4	13,3
Mycotoxines (mg/kg)				
Déoxynivalénole (DON)	< 0,2	0,2	3,1	3,2
Zéaralénone	< 0,05	< 0,05	0,065	0,050

*T-M-: aliment sans toxines, sans marc; T-M+: aliment sans toxines, avec marc; T+M-: aliment contaminé par des mycotoxines, sans marc; T+M+: aliment contaminé par des mycotoxines, avec marc.

Tableau 4. Aliments utilisés dans le deuxième essai.

Composition et teneurs	Aliments expérimentaux*			
	T-M-	T-M+	T+M-	T+M+
Composants (g/kg)				
Marc de pommes		80		80
Blé contaminé par <i>Fusarium</i>			220	220
Blé non contaminé	290	570	70	350
Orge	490	190	480	190
Maïs	40		40	
Tourteau de soja	70	10	80	10
Protéines de pomme de terre	60	100	60	100
Minéraux, vitamines, acides aminés				
Teneurs en nutriments (g/kg)				
Matière azotée	180	180	190	190
Cellulose brute	29	33	30	34
Matière grasse	32	34	33	34
Cendres	46	45	45	44
EDP (MJ/kg)	13,9	13,6	13,8	13,6
Mycotoxines (mg/kg)				
Déoxynivalénole (DON)	0,4	< 0,2	2,0	2,2
Zéaralénone	< 0,05	< 0,05	0,20	0,30

*T-M-: aliment sans toxines, sans marc; T-M+: aliment sans toxines, avec marc; T+M-: aliment contaminé par des mycotoxines, sans marc; T+M+: aliment contaminé par des mycotoxines, avec marc.

Tableau 5. Effets des quatre aliments sur les performances zootechniques.

	Variante*	Variante*				s _x	Valeurs P**				
		T-		T+			ANOVA			Contrastes	
		M-	M+	M-	M+		T	M	T × M	T+M- contre T-M-	T+M- contre T+M+
Porcelets (n)		55	55	55	55						
Poids vif début (kg)		9,9	9,9	9,9	9,9	0,12					
Poids vif final (kg)		23,6	23,7	22,4	23,7	0,37	0,09	0,07	0,11		
Gain journalier (g)		397	401	361	399	9	0,05	0,03	0,08	< 0,01	< 0,01
Ingestion d'énergie (MJ EDP/jour)		9,8	9,5	8,7	8,6	0,23	< 0,01			< 0,01	
Ind. consomm. (MJ EDP/kg)		25,2	25,9	24,4	22,5	1,02	0,04				

*T/+ = aliment sans toxines, respectivement contaminé par des mycotoxines; M-/+ = aliment sans, respectivement avec marc de pommes.

**Valeurs P ≤ 0,15 pour les effets mycotoxine (T) et marc (M).



Fig. 3. Pour tester le système immunitaire cellulaire, on a injecté de la phytohématagglutinine (PHA) dans la peau des porcelets et évalué la réaction cutanée un jour plus tard (enflure inflammatoire provoquée par l'immigration des globules blancs au lieu de l'injection).

des animaux nourris avec les aliments non contaminés. Les analyses sanguines et l'examen des organes des porcelets abattus n'ont pas démontré d'effet négatif des mycotoxines sur la santé, sauf que la matrice des porcelets du deuxième essai recevant l'aliment contaminé s'est agrandie d'environ 50% sous l'effet de la zéaralénone (fig. 2). Les tests effectués pour examiner le système immunitaire – formation d'anticorps après vaccination et réaction cutanée après l'injection de la substance PHA (fig. 3) – n'ont pas démontré de suppression de l'immunité due aux mycotoxines.

Le marc de pommes efficace contre le DON

En conclusion, les aliments expérimentaux ayant des teneurs en DON assez élevées n'ont que légèrement diminué l'ingestion et la croissance des porcelets, sans pour autant avoir des effets nets sur la santé et le système immunitaire. L'adjonction de marc de pommes aux aliments contaminés a amélioré la croissance de façon significative, mais n'a pas diminué l'effet de la zéaralénone sur la matrice. Lorsque des céréales contaminées au *Fusarium* sont incluses dans une ration pour porcs, l'adjonction de marc de pommes peut atténuer l'effet négatif des mycotoxines sur la croissance.

Bibliographie

- COENEN M., BOYENS B., 2001. Capacity of zoelithe to depress the oestrogenic effects of zearalenone. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **10**, 177.
- DÄNICKE S., DÖLL S., VALENTA H., FLACHOWSKY G., 2004. On the effect of supplementing a

deoxynivalenol (DON) contaminated piglet diet with a probiotic feed additive on performance of piglets. 26. Mykotoxin-Workshop, 17.-19. Mai 2004, Herrsching. Tagungsband, 58.

DÄNICKE S., VALENTA H., DÖLL S., GANTER M., FLACHOWSKY G., 2004a. On the effectiveness of a detoxifying agent in preventing fusariotoxicosis in fattening pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* **114**, 141-157.

DÄNICKE S., VALENTA H., GAREIS M., LUCHT H. W., VON REICHENBACH H., 2005. On the effect of a hydrothermal treatment of deoxynivalenol (DON)-contaminated wheat in the presence of sodium metabisulphite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) on DON reduction and on piglet performance. *Anim. Feed Sci. Technol.* **118**, 93-108.

DÖLL S., DÄNICKE S., VALENTA H., FLACHOWSKY G., 2004. *In vitro* studies on the evaluation of mycotoxin detoxifying agents for their efficacy on deoxynivalenol and zearalenone. *Arch. Anim. Nutr.* **58** (4), 311-324.

FRIEND D. W., TRENHOLM H. L., YOUNG Y. C., THOMPSON B. K., HARTIN K. E., 1984. Effects of adding potential vomitoxin (deoxynivalenol) detoxicants or a *F. graminearum* inoculated corn supplement to wheat diets fed to pigs. *Can. J. Anim. Sci.* **64**, 733-741.

PATTERSON R., YOUNG L. G., 1993. Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate, screening and dilution in reducing the effects of mold contaminated corn in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* **73**, 615-624.

STÖCKLI A., 1929. Nordamerikanische Futtergerste federal Nr. 2. *Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz* **43**, 398-411.

SWAMY H. V., SMITH T. K., MCDONALD E. J., BOERMANS H. J., SQUIRES E. J., 2002. Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on swine performance, brain regional neurochemistry and serum chemistry, and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. *J. Anim. Sci.* **80**, 3257-3267.

SWAMY H. V., SMITH T. K., MCDONALD E. J., KARROW N. A., WOODWARD B., BOERMANS H. J., 2003. Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on growth and immunological measurements of starter pigs, and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. *J. Anim. Sci.* **81**, 2792-2803.

WEISS J., QUANZ G., PRZYBILLA P., HERTRAMPF B., 1999. Pilztoxine mit speziellen Futterzusätzen inaktivieren? *Deutsche Geflügel- und Schweineproduktion* **44**, 33-38.

YOUNG J. C., TRENHOLM H. L., FRIEND D. W., PRELUSKY D. B., 1987. Detoxification of deoxynivalenol with sodium bisulfite and evaluation of the effects when pure mycotoxin or contaminated corn was treated and given to pigs. *J. Agric. Food Chem.* **35** (2), 259-261.

Summary

Fusarium toxins in pig feeds: efficacy of mycotoxin adsorbents

In two experiments using a total of 220 weaner pigs the hypothesis was tested that apple pomace alleviates the negative effects of *Fusarium* toxins in pigs. The two experiments had the same two-factor design: *Fusarium* contaminated vs. uncontaminated wheat, and 8% apple pomace vs. no pomace in the diet. Both trials yielded similar results and were thus evaluated together. The intake of feed that was contaminated with deoxynivalenol and zearalenone reduced feed intake ($P < 0.01$) and weight gain ($P = 0.05$) and increased the uterus weight ($P < 0.01$) without affecting feed conversion ratio. Pomace intake had no effect on feed intake and uterus weight but improved weight gain ($P = 0.03$; interaction pomace \times mycotoxins: $P = 0.08$). Apple pomace thus seems to counteract the negative effects of deoxynivalenol on growth, but is ineffective against the effect of zearalenone.

Key words: *Fusarium*, deoxynivalenol, piglet, adsorbent, pomace.

Zusammenfassung

Fusarientoxine im Schweinefutter: Wirksamkeit von Mykotoxinbindern

Fusariengifte können das Wachstum beeinträchtigen und Fruchtbarkeitsstörungen verursachen. An ALP wurde in zwei Versuchen mit insgesamt 220 abgesetzten Ferkeln untersucht, ob Apfeltrester die negativen Effekte der Fusarientoxine reduziert. Die mit dem Fusarientoxin Deoxynivalenol kontaminierten Futter beeinträchtigten die Futteraufnahme und das Wachstum; mit Zearalenon kontaminiertes Futter verursachte zudem eine Vergrößerung der Gebärmutter. Der dem kontaminierten Futter zugesetzte Apfeltrester verbesserte das Wachstum, verhinderte jedoch die Gebärmuttervergrößerung nicht. Durch die Zufütterung von Apfeltrester kann somit die durch Fusarientoxine verursachte Wachstumseinbusse reduziert werden.