

Influence de la contamination de l'aliment en mycotoxines (DON, ZEA) sur le comportement alimentaire du porc en croissance et finition

David GUILLOU, Magali QUEMERE, Emmanuel LANDEAU

INZO°, 1 rue de la Marébaudière, Montgermont, BP 96669, 35766 Saint Grégoire Cedex

dguillou@inzo-net.com

avec la collaboration technique de F. Viard et T. Aubry

Influence de la contamination de l'aliment en mycotoxines (DON, ZEA) sur le comportement alimentaire du porc en croissance et finition

Un essai a été conduit pour décrire les effets des fusariotoxines des céréales sur la dynamique de consommation des porcs. Un lot de blé et un lot de triticale naturellement contaminés en déoxynivalénol (DON) et zéaralénone (ZEA) ont permis de concevoir 4 régimes, en substituant les céréales « saines » ou « contaminées » dans les proportions suivantes : 0 – 24 – 48 – 72 %. Les teneurs en mycotoxines dans les aliments étaient : 0,5, 1,8, 3,6, 4,6 ppm de DON et 0, 0,9, 1,7, 1,6 ppm de ZEA. 80 porcs ont été sélectionnés pour constituer 4 cases de 10 femelles et 4 cases de 5 femelles et 5 mâles castrés. Les porcs étaient identifiés individuellement par une puce électronique, chaque case étant équipée d'un nourrisseur automatique IVOG®, pour la collecte des informations relatives au comportement alimentaire individuel. Chaque régime a été alloué *ad libitum* à une case de femelles et une mixte pendant 9 semaines. Les porcs réagissaient à la contamination des aliments en réduisant leur ingestion dès le premier jour avec les aliments « contaminés ». Un niveau normal de consommation était retrouvé après 6 semaines pour les cases de femelles, 8 semaines pour les cases mixtes sauf pour le régime le plus contaminé. La durée des visites au nourrisseur et la consommation par visite étaient réduites, sans modification du nombre de visites ni de la vitesse d'ingestion. Le temps passé au nourrisseur et la consommation moyenne étaient diminués en conséquence. Les GMQ étaient réduits en proportion de la consommation. L'indice de consommation n'était pas affecté.

Influence of feed contaminated in mycotoxins (DON, ZEA) on the eating behaviour of growing finishing swine.

A trial was performed to describe the effects of cereal fusariotoxins on the dynamic aspects of swine feed intake. One wheat batch and one triticale batch, naturally contaminated with deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEA) were used to make 4 diets through the substitution of "safe" grain for "contaminated" in the following proportions : 0 – 24 – 48 – 72 %. Mycotoxin levels in the feeds were : 0.5, 1.8, 3.6, 4.5 ppm DON and 0, 0.9; 1.7, 1.6 ppm ZEA. 80 pigs were selected and allocated to 4 pens of 10 females and 4 pens with mixed genders. Pigs were individually tagged with an electronic chip, each pen being equipped with an IVOG® automatic feeder, for collecting individual eating pattern data. Diets were given *ad libitum* to one pen of females and one pen of mixed genders for 9 weeks. The pigs reduced their feed intake as soon as first day when offered "contaminated" diets. A normal feed intake level was observed again after 6 weeks with the female pens, 8 weeks with the mixed pens, except for the highest contamination level. Visit-to-feeder duration and intake per visit were reduced, with no change in the number of visits per day nor eating rate per visit. ADG was reduced proportionally to feed intake. Feed conversion ratio remained unaffected.

INTRODUCTION

Les teneurs en mycotoxines des céréales françaises sont généralement inférieures à celles qui font l'objet d'essais sur animaux dans la littérature scientifique (Grosjean, 2004). Toutefois, malgré les efforts de prévention des contaminations des céréales, on trouve parfois des lots de céréales à paille fortement contaminés en déoxynivalénol (DON) et en zéaralénone (ZEA), même dans notre pays (EFSA, 2004 a et b). La littérature décrit les conséquences de la contamination en mycotoxines des aliments des porcs en croissance, avec une réduction d'ingestion, une baisse des performances, des modifications de la réponse immunitaire (Grosjean, 2004 ; Smith et al., 2005 ; Pinton et al., 2006), mais les aspects dynamiques et quantitatifs sont assez peu renseignés. Un essai a été réalisé dans le but de mesurer la réponse zootechnique de porcs en croissance et finition, et plus particulièrement leur comportement alimentaire, en réponse à des doses croissantes de céréales naturellement contaminées en DON et ZEA.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et logement

L'essai a été conduit au Centre de Recherches Zootechniques Appliquées (CRZA) d'INZO° à Montfaucon (Aisne), sur une bande de porcs, du 22/12/2004 au 21/03/2005. Les porcs, nés sur l'élevage et sevrés à 28 jours, étaient issus de truies Alfa+ et de semence de verrats Défi+. Ils étaient logés par case de 4 porcelets dans des salles de post-sevrage jusqu'à 70 jours d'âge, puis transférés en salle d'engraissement. La salle d'engraissement de cet essai est équipée de 8 stations d'alimentation automatique individuelle IVOG®, permettant de collecter les informations relatives à chaque visite au nourrisseur des porcs identifiés individuellement par une puce électronique dans une boucle d'oreille. Cette installation a été décrite précédemment par Mathé et al. (2002). Les porcs étaient logés à 10 par case de 11 m², sur caillebotis métallique intégral, chaque case disposant d'un nourrisseur IVOG® et d'un abreuvoir. La mise en lots a consisté à réaliser 4 cases de femelles et 4 cases mixtes (5 femelles et 5 mâles castrés), en sélectionnant les porcs sur le poids vif et l'origine maternelle.

1.2. Aliments

1.2.1. Description des céréales

Un lot de blé tendre de la récolte 2004, provenant de la Meuse, et un lot de triticales de la récolte 2004, provenant du Morbihan, avaient été repérés comme très contaminés en DON par analyse ELISA (5,0 et 3,9 ppm de DON respectivement). Ces deux lots ont été qualifiés ultérieurement pour leurs teneurs en ochratoxine A, zéaralénone, trichotécènes de type A et B par analyse HPLC. Dans les deux produits, nous avons pu mesurer une teneur élevée en ZEA (13 ppm pour le blé et 7 ppm pour la triticales) et en DON (14 ppm pour le blé et 8 ppm pour la triticales), et une présence de nivalénol (106 ppb pour le blé et 238 ppb pour la triticales). Aucune autre mycotoxine n'a été détectée. Pour la comparaison, nous avons utilisé un lot de blé « sain » en provenance de la Marne

et un lot de triticales « sain » en provenance du Morbihan, négatifs à la DON par analyse ELISA (< 100 µg/kg).

1.2.2. Régimes expérimentaux

Un aliment « porc unique » (9,60 MJ EN/kg, 75 % de céréales) a été formulé à base de blé, triticales, tourteau de soja, orge, tourteau de colza, corn gluten feed, mélasse, minéraux et acides aminés. A partir de cette formule de référence, le blé et la triticales « contaminés » ont été substitués partiellement à du blé et de la triticales « sains » de manière à constituer 4 régimes : 0 %, 24 %, 48 % et 72 % de céréales contaminées dans le total des céréales (Tableau 1). Ces niveaux de substitution avaient été déterminés en fonction des résultats d'analyse ELISA, mais avant de disposer des résultats d'HPLC. Les aliments ont été produits par l'atelier expérimental d'INZO° à Chierry (Aisne) sous forme de granulés de 5 mm de diamètre et conditionnés en sacs de 25 kg. Leur composition chimique a été contrôlée à partir d'échantillons représentatifs constitués au fur et à mesure de l'utilisation des sacs au CRZA. Les teneurs en protéines, matières grasses, calcium et phosphore étaient comparables entre les régimes. Les teneurs en DON et ZEA augmentaient avec l'incorporation des céréales contaminées (Tableau 1) : entre 0,5 et 4,6 ppm de DON, et 0 et 1,6 ppm de ZEA, entre 0 et 72 % de céréales contaminées. Elles sont comparables à ce qui peut être calculé à partir des analyses HPLC des céréales.

Tableau 1 - Constitution et analyses des régimes expérimentaux

Proportion de céréales contaminées par DON et ZEA		0%	24%	48%	72%
Orge	%	10,0	10,0	10,0	10,0
Blé «sain»	%	44,8	37,0	24,0	12,0
Blé «contaminé»	%	-	7,8	20,8	32,8
Triticales «sain»	%	20,0	10,0	5,0	-
Triticales «contaminé»	%	-	10,0	15,0	20,0
Autres constituants	%	25,2	25,2	25,2	25,2
Valeurs analytiques					
Matière sèche	%	87,40	87,26	87,21	86,80
Cendres brutes	%	4,38	4,33	4,33	4,25
Protéine brute	%	16,70	16,15	16,35	16,40
Cellulose Weende	%	4,03	4,05	4,42	4,35
Matières grasses brutes	%	1,69	1,76	2,13	1,56
Ca	%	0,78	0,76	0,76	0,75
P	%	0,49	0,48	0,48	0,47
Déoxynivalénol (HPLC)	µg/kg	517	1773	3592	4596
Zéaralénone (HPLC)	µg/kg	18	900	1663	1588

1.3. Conduite de l'essai et mesures réalisées

L'aliment « 0% » était distribué *ad libitum* à toutes les cases pendant 7 jours, puis l'un des quatre aliments expérimentaux était imposé en continu pendant 9 semaines, *ad libi-*

tum. Ensuite, toutes les cases recevaient à nouveau l'aliment « 0% », offert à volonté pendant au moins 18 jours (premier départ à l'abattoir) et jusqu'à la fin de l'essai. Le choix de l'aliment expérimental a été déterminé au hasard à l'intérieur d'un bloc de 4 cases homologues (femelles ou mixtes).

Les porcs ont été pesés individuellement 8 fois au cours de l'essai : à la mise en lots, le 8^e jour, à 21 jours, 42 jours, 63 jours, 70 jours, 84 jours d'essai et le jour du départ à l'abattoir. Afin de limiter les écarts de poids liés aux derniers repas, les porcs étaient pesés le matin après deux heures de fermeture des nourrisseurs.

Les données des stations IVOG® étaient enregistrées par le PC de contrôle chaque jour pendant le déroulement de l'essai, et transférées pour sauvegarde chaque semaine.

Les données individuelles de classement des carcasses n'ont pas été collectées.

1.4. Calculs et analyses statistiques

Le calcul des critères individuels descriptifs du comportement alimentaire à partir des enregistrements des stations IVOG® a été réalisé chaque jour et sur l'ensemble de la période, comme décrit par Mathé et al. (2002). Les critères calculés étaient : la consommation journalière (CMJ), la durée consacrée à l'activité alimentaire (DMJA), le nombre de visites par jour (NVJ), le nombre de visites au nourrisseur sans ingestion d'aliment (NVNAJ), l'intervalle moyen entre deux visites (IM2V), la consommation moyenne par visite avec consommation d'aliment (CMVA), la durée moyenne des visites avec consommation d'aliment (DMVA) et la vitesse moyenne apparente d'ingestion (VMI).

Les gains moyens quotidiens (GMQ) et indices de consommation (IC) individuels ont ainsi pu être calculés entre chaque pesée des porcs.

L'effet du traitement a été étudié par analyse de la variance (procédure GLM, SAS 8.2) sur les données individuelles, en tenant compte du sexe et du bloc de cases.

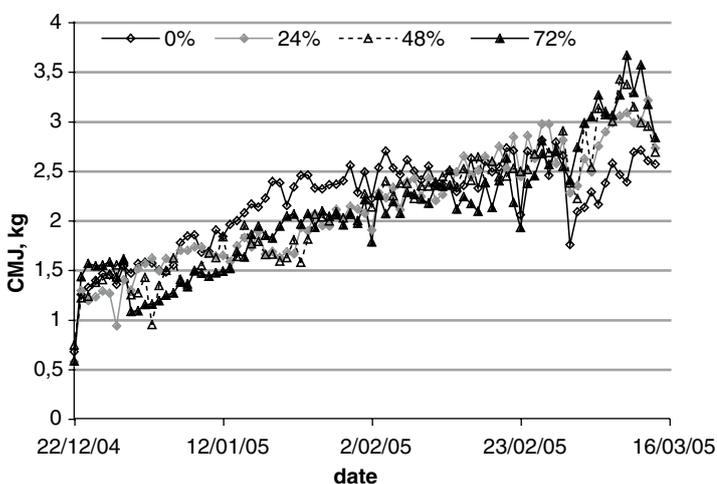


Figure 1 - Évolution de la consommation d'aliments dans les cases de porcs femelles

2. RÉSULTATS

2.1. Observations sanitaires

Six porcs moururent des suites de combats, 3 pour les cases affectées au « 0% », 2 pour les cases « 48% » et 1 pour les cases « 72% ». Ces décès furent parfois observés suite à la constitution des cases en première semaine, quand tous les porcs recevaient le même régime, ou après le changement d'aliment. Il est difficile de les relier aux traitements expérimentaux. Par ailleurs, trois porcs furent exclus des cases en cours d'essai pour comportement de caudophagie avec le traitement « 48% ». Au final, les observations furent réalisées sur 71 porcs au lieu des 80 mis en lots. Des symptômes d'hyper-oestrogénisme (vulves tuméfiées) furent observés sur une femelle seulement de chaque traitement contaminé (24 %, 48 % et 72 %).

2.2. Evolution de la consommation

Les porcs réagissaient à la présentation de l'aliment contaminé dès le premier jour pour les régimes « 48% » et « 72% », avec une réduction de consommation de 30 à 33 %, par rapport à la veille, et de 25 à 30 % par rapport à la consommation contemporaine du témoin « 0% » (Figures 1 et 2). Avec le régime « 24% », on détectait une baisse d'ingestion plus tardive et quantitativement plus faible : à partir du 5^e jour pour les cases mixtes, du 12^e jour pour les cases de femelles, avec 20 % de réduction de l'ingéré par rapport au régime « 0% ».

La durée de la baisse d'ingestion dépendait du niveau de contamination et de la constitution de la case. Quarante jours après le changement d'aliment, on ne différencie plus la consommation en fonction du régime pour les cases de femelles. Pour les cases mixtes, la consommation du régime 24 % était comparable à celle du témoin après 24 jours ; la consommation du régime « 48% » fluctuait entre -10 et -35 % du témoin pendant 57 jours, et elle se confondait avec les aliments « 0% » et « 24% » par la suite ; avec l'aliment « 72% », la consommation ne rattrapait pas la normale pendant l'essai.

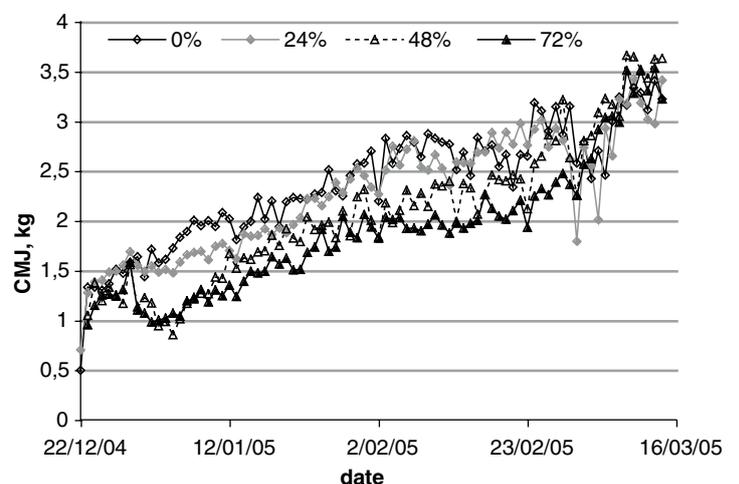


Figure 2 - Évolution de la consommation d'aliments dans les cases mixtes

Les différences mentionnées ci-dessus étaient significatives pour la comparaison entre les aliments contaminés avec l'aliment « 0% » ($P < 0,01$). Les écarts entre les aliments « 24% », « 48% » et « 72% » étaient parfois significatifs ($P < 0,05$) ou non, variables d'un jour à l'autre.

Le retour à l'aliment « 0% » après 9 semaines d'essai s'est traduit par une augmentation des variations de la consommation quotidienne, dès le jour de pesée, y compris pour les cases ayant reçu cet aliment au préalable. La case de femelles dans ce dernier cas présentait même une consommation moyenne plus faible qu'auparavant et plus faible que les autres cases de femelles, sans explication évidente.

2.3. Performances zootechniques et analyse du comportement alimentaire

La consommation moyenne était significativement réduite avec l'incorporation de céréales contaminées. Cette baisse de l'ingestion (5 à 16 % par rapport au régime « 0% ») se répercutait par une baisse concomitante du GMQ (2 à 13 %), sans effet significatif sur l'IC, comme le montre le Tableau 2.

Toutefois, la façon dont les porcs réduisaient leur ingestion était sensiblement différente si on compare le régime « 24% » aux régimes « 48% » et « 72% ». Par rapport au régime « 0% », la durée totale passée à consommer au nourrisseur était réduite de 5 min par jour (soit -8 %, $P < 0,15$) avec le régime « 24% », mais sans réduction notable du nombre de visites (NVJ, NVJNA), de leur durée (DMVA), ni de la quantité ingérée (CMVA). Par ailleurs, la vitesse d'ingestion n'était pas affectée.

En revanche, avec les régimes « 48% » et « 72% », il apparaît clairement que, pour un nombre de visites au nourrisseur stable, c'est la réduction de la durée des visites ($P < 0,10$) et de la consommation par visite ($P < 0,05$) qui explique la baisse d'ingestion. On note aussi une baisse (non significative) de l'intervalle moyen entre deux visites.

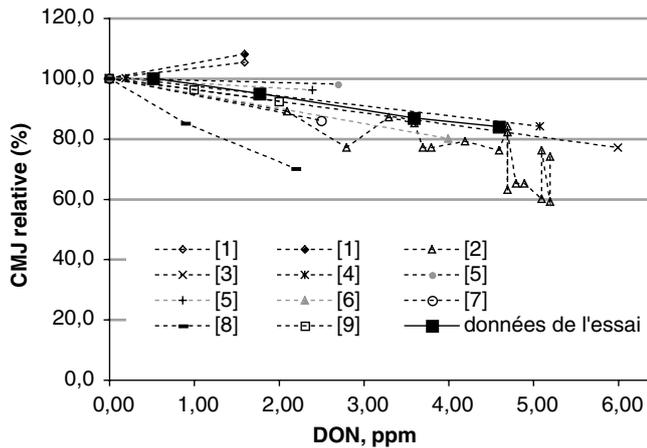
3. DISCUSSION

Les écarts observés dans l'estimation de la contamination en mycotoxines selon la méthode appliquée incitent à une grande prudence pour la généralisation de ce type de résultats. En effet, le développement de méthodologies pour l'estimation de la contamination d'un lot de céréales ou d'aliment reste un thème de travail d'actualité (Whitaker et al., 2005). Dans le cas présent, l'analyse du DON par ELISA a peut être été saturée, ou les échantillons testés ne représentaient pas la partie du lot de chaque céréale qui a été utilisé pour la fabrication des aliments. Des analyses HPLC réalisées depuis sur d'autres aliments produits à partir des mêmes lots de céréales renforcent cette hypothèse (INZO°, non publié).

Les données zootechniques obtenues dans cet essai sont conformes à ce qui est rapporté dans la littérature. L'effet de la teneur en DON des aliments sur la consommation relevé dans 9 publications (Chavez et Rheume, 1986 ; Dänicke et al., 2003 ; Friend et al., 1984 ; Friend et al., 1992 ; Grosjean, 2004 ; House et al., 2002 ; Pinton et al., 2004 ; Pollmann et al., 1985 ; Rotter et al., 1995) et dans notre essai, est présenté par la Figure 3. L'ensemble est très concordant, avec une influence nette au delà de 2 ppm de DON dans l'aliment. Dans une hypothèse de réponse linéaire, la consommation baisse de 5,5 % par ppm de DON dans l'aliment d'après les données de la littérature compilées ici, ou de 4,0 % par ppm de DON dans l'essai présenté ici. Par ailleurs, nous confirmons l'absence d'influence de la contamination en DON sur l'IC. Smith et al. (2005) rappellent que la réaction du porc aux associations de fusariotoxines par une baisse d'ingestion est plus importante que celle du poulet, vraisemblablement en relation avec des influences plus importantes sur certains neuromédiateurs cérébraux. Les observations de caudophagie pourraient-elles être liées à ce type de modifications ? Ni notre essai, ni la littérature ne permettent de conclure sur cette question. La baisse de la consommation des aliments les plus contaminés conduit aussi à réduire l'ingestion des substances toxiques.

Tableau 2 - Influence de la proportion de céréales contaminées sur les performances et le comportement alimentaire des porcs entre 11 et 20 semaines d'âge

Proportion de céréales contaminées par DON et ZEA		0%	24%	48%	72%	Sign. Stat. Effet régime
PV initial	kg	34,0	34,0	34,0	33,9	NS
PV final	kg	90,1	87,4	82,2	77,9	$P < 0,001$
Consommation moyenne journalière	kg	2,085	1,979	1,810	1,750	$P < 0,001$
GMQ	g	791	776	720	692	$P < 0,001$
IC		2,67	2,58	2,65	2,61	NS
Nombre visites/jour		21,8	20,1	25,1	21,9	NS
Nombre visites au nourrisseur sans ingestion		4,9	3,7	6,2	4,5	NS
Durée moyenne des visites avec consommation	min	4,4	4,1	3,0	3,5	$P < 0,05$
Durée moyenne des visites sans ingestion	min	0,8	0,7	0,7	0,8	NS
Intervalle moyen entre deux visites	min	76,8	75,9	58,5	65,6	NS
Durée moyenne d'ingestion par jour	min	64,6	59,5	51,7	56,5	$P < 0,01$
Consommation moyenne par visite	kg	0,151	0,147	0,110	0,115	$P < 0,01$
Vitesse Moyenne d'Ingestion	$g \cdot \text{min}^{-1}$	34,4	35,4	36,6	33,1	NS



- [1] Pinton et al. (2004) ; [2] Friend et al. (1984) ;
 [3] Chavez et Rheume (1986) ; [4] Grosjean (2004) ;
 [5] Dänicke et al. (2003) ; [6] Rotter et al. (1995) ;
 [7] Friend et al. (1992) ; [8] Pollmann et al. (1985) ;
 [9] House et al. (2002)

Figure 3 - Influence de la teneur en DON de l'aliment sur la consommation relative
 comparaison des données de l'essai avec la littérature

Nos observations sur l'évolution de la consommation dans le temps rejoignent aussi les effets mentionnés dans les synthèses bibliographiques, qui rapportent une plus grande sensibilité des animaux plus jeunes. Toutefois, il est très intéressant de constater que les écarts dépendent ici du niveau d'ingestion atteint par les témoins : la consommation d'aliment

« sain » était supérieure dans les cases mixtes, et c'est dans ces cases que l'on observe les durées de sous-consommation les plus longues.

Par ailleurs, l'influence des fusariotoxines sur le profil de la séquence alimentaire n'avait pas été décrit, à notre connaissance. Nous avons observé une réduction de la consommation par visite, et de durée des visites, sans réduction du nombre de visites : cela pourrait indiquer que la motivation à se nourrir reste intacte, mais que les porcs adaptent leur ingestion rapidement, à l'échelle du repas, quand l'aliment contient des céréales contaminées.

CONCLUSION

Les porcs réagissent très rapidement à la présence de céréales contaminées par DON et ZEA dans les aliments en modifiant leur profil de consommation et le temps total consacré à l'alimentation. En conséquence, la croissance est réduite, sans effet notable sur l'indice de consommation. Toutefois, les effets zootechniques étaient fugaces pour des contaminations de moins de 2 ppm de DON et 1 ppm de ZEA.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les collègues de l'usine en charge de la logistique d'approvisionnement en matières premières, les animaliers du CRZA et le personnel du laboratoire d'Analyses et de Contrôle d'INZO° à Chierry, pour leur aide précieuse tout au long du déroulement de ce projet.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chavez R., Rheume A., 1986. The significance of the reduced feed consumption observed in growing pigs fed vomitoxin-contaminated diets. *Can. J. Anim. Sci.*, 66, 277-287.
- Dänicke S., Valenta H., Doll S., Ganter M., 2003. On the effectiveness of detoxifying agent in preventing fusario-toxicosis in fattening pigs. *Animp. Feed Sci. Technol.*, 114, 141-157.
- EFSA, 2004a. Opinion of the Scientific Panel on contaminants in food chain on a request from the Commission related to DON as undesirable substance in animal feed. *The EFSA Journal*, 73, 1-41.
- EFSA, 2004b. Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain on a request from the Commission related to Zearalenone as undesirable substance in animal feed. *The EFSA Journal*, 89, 1-35.
- Friend W., Thomson K., Bormans L., 1992. Toxicity of T2 toxin and its interaction with deoxynivalenol when fed to young pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 72, 703-711.
- Friend W., Trenholm L., Young C., Thompson K., Hartin E., 1984. Effect of adding potential vomitoxin detoxicants or a *F. Graminearum* inoculated corn supplement to wheat diets fed to pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 64, 733-741.
- Grosjean F., 2004. Effets des mycotoxines de fusarium présentes dans les céréales françaises utilisées dans l'alimentation des porcs. ITCF, Dossier n° 01/10-2. <http://www.acta.asso.fr> Date de consultation : 28/09/2006.
- House D., Abramson D., Crow H., Nyachoti M., 2002. Feed intake, growth and carcass parameters of swine consuming diets containing low levels of deoxynivalenol from naturally contaminated barley. *Can. J. Anim. Sci.*, 82, 559-565.
- Mathé D., Contamin V., Guillou D., 2002. Effets d'un changement d'aliment ou d'une restriction alimentaire de courte durée sur le comportement alimentaire ultérieur du porc en croissance finition. *Journées Rech. Porcine*, 34, 135-142.
- Pinton P., Royer E., Accens F., Marin D., Guelfi J.F., Bourges-Abella N., Granier R., Grosjean F., Oswald I., 2004. Effets zootechniques et immunitaires de la consommation d'aliment naturellement contaminé par du DON chez le porcelet en phase de croissance ou de finition. *Journées Rech. Porcine*, 36, 301-308.
- Pollmann S., Koch A., Seitz M., Mohr E., 1985. Deoxynivalenol contaminated wheat in swine diets. *J. Anim. Sci.*, 60, 239-247.
- Smith T.K., Diaz G., Swamy H. V. L. N., 2005. Current concepts in mycotoxicoses in swine. In: D. E. Diaz (Ed), *The Mycotoxin blue book*, Nottingham University Press, Nottingham, U.K., 235-248.
- Whitaker T.B., Slate A.B., Johansson A.S., 2005. Sampling feeds for mycotoxin analysis. In: D.E. Diaz (Ed), *The Mycotoxin blue book*, Nottingham University Press, Nottingham, U.K., 1-23.

