

R7903

EFFETS DE LA CONSOMMATION DE MAÏS FUSARIE PAR LA TRUIE REPRODUCTRICE

M. ETIENNE (1), M. JEMMALI (2) *

(1) I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs - 78350 Jouy-en-Josas

(2) I.N.R.A. - Laboratoire de Technologie Alimentaire - Service des Mycotoxines - 16, rue Nicolas Fortin, 75013 Paris

Des troubles variés de la reproduction, tels que vulvovaginites, retours en œstrus anormaux, avortements, sont décrits dans de nombreux élevages porcins, et souvent associés à la consommation de maïs par les truies (GOUSSE et al., 1973 ; JEMMALI et al., 1974). Une mycoflore toxique peut en effet se développer sur les céréales lors de mauvaises conditions de récolte et de séchage, et synthétiser des mycotoxines. Quelques unes d'entre elles ont été identifiées, mais il en existe encore peu qui soient quantifiables avec précision. La zéaralénone (ou F2), produite par *Gibberella zeae*, forme parfaite de *Fusarium roseum*, a été mise en évidence comme contaminant naturel du maïs en France par JEMMALI (1973). Les risques de contamination se situent essentiellement à 2 niveaux, lors de la conservation en cribs, ou pendant un préstockage de longue durée du maïs, en attente de séchage. C'est ainsi que sur 75 prélèvements d'épis conservés en cribs dans le Sud-Ouest de la France et visiblement altérés, 62 d'entre eux contenaient de la zéaralénone à un taux pouvant atteindre 170 ppm (COLLET et REGNIER, 1977).

Les propriétés œstrogéniques de cette toxine ont été observées au cours de la croissance d'animaux de différentes espèces, le porc en particulier. Elles se manifestent par l'atrophie des testicules et le retournement du rectum chez le mâle, le développement des glandes mammaires des animaux des deux sexes, la congestion de la vulve et le retournement du vagin chez la femelle. La plupart de ces symptômes disparaissent quelques jours après le retrait de la céréale polluée de l'aliment. Ces observations ont été faites dès 1928 aux Etats Unis par Mc NUTT et al., et mises en relation avec l'ingestion de maïs mois. Par la suite, les mêmes constatations ont été faites dans différents Etats des U.S.A. (STOB et al., 1962 ; NELSON et al., 1973), sur de grands troupeaux porcins en Hongrie et en Yougoslavie (DANKO et ALDASY, 1969 ; DEBRECZENI et RETJÓ, 1969 ; LONCAREVIC et al., 1970 ; POPOVIC, 1970), au Canada (BRISTOL et DJURICKOVIC, 1971), en France (GOUSSE et al., 1973).

Peu d'études mettent clairement en évidence les effets de la consommation de F2 par la truie reproductrice comparativement à l'animal impubère. Les conséquences apparaissent variables d'un essai à l'autre, voire contradictoires (SHARMA et al., 1974) : retours en œstrus anormaux, avortements, accroissement de la mortalité embryonnaire, augmentation de la mortinatalité, paralysie des porcelets à la naissance. Cependant, la description de ces effets est souvent faite à partir d'effectifs trop limités d'animaux pour que l'on puisse conclure, en raison de la variabilité élevée des critères qui paraissent affectés par la présence de zéaralénone dans l'aliment (MIROCHA et CHRISTENSEN, 1974). Parfois même, les conclusions résultent d'observations plus que de mesures réelles, sans que les mycotoxines aient été déterminées et quantifiées (BRISTOL et DJURICKOVIC, 1971 ; SHARMA et al., 1974). Aussi une étude a-t-elle été mise en place dans le but de préciser les conséquences de la consommation de maïs fusarié par la truie reproductrice.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux aliments, dont la composition est rapportée dans le tableau 1, sont utilisés au cours de cette expérience. La seule différence porte sur la qualité du maïs introduit, sans mycotoxine détectée dans le régime "témoin", ou renfermant de la zéaralénone dans le régime "contaminé". La teneur en F2 de cet aliment est de 3,61 ppm. Le lot de maïs est constitué à partir d'épis séchés en cribs, éliminés du circuit commercial lors de l'égrenage, et contenant une proportion élevée de grains visiblement moisissés le rendant non sain, loyal et marchand. Les propriétés œstrogéniques ont été estimées à 27 ppb en équivalents diéthylstilboestrol par test biologique sur rate (1).

(*) Avec la collaboration technique de G. CONSEIL, J.C. HULIN et Mireille YVON.

(1) Nous remercions le laboratoire de l'U.C.A.A.B. qui a pratiqué le test biologique.

TABLEAU 1
COMPOSITION DES RÉGIMES

RÉGIME	TÉMOIN	CONTAMINÉ
Soja 45	11,7	11,7
Orge	19,9	19,9
Maïs témoin	65,0	—
Maïs contaminé	—	65,0
Complément minéral (1)	3,0	3,0
Complément vitaminique (2)	0,4	0,4

(1) Composition en p. 100 : phosphate bicalcique 43 ; carbonate de calcium 43 ; sel 12 ; sulfate de fer 0,5 ; sulfate de zinc 0,7 ; bioxyde de manganèse 0,1 ; sulfate de cuivre 0,1.

(2) Composition en p. 100 : Vitamine D3 (100 000 UI/g) 0,25 ; riboflavine 0,10 ; acide ascorbique 0,10 ; nicotinamide 0,20 ; pantothénate de calcium 0,25 ; vitamine A (50 000 UI/g) 2,0 ; vitamine B12 (100 mg/kg) 2,0 ; choline (25 %) 20,0 ; méthionine 10,0 ; glucose anhydre 65,10.

Dans la présente étude, nous avons cherché à distinguer les effets de la zéaralénone sur la truie cyclique de ceux observés sur la femelle gravide. A cet effet, 38 truies nullipares de race Large White sont réparties en 3 lots à partir de la puberté, et saillies à l'œstrus suivant, à un âge et un poids moyens respectifs de 271 jours et 113 kg. Elles sont abattues à 80 jours de gestation. Les femelles du lot 1 consomment l'aliment témoin pendant tout l'essai. Celles du lot 2 ingèrent l'aliment contaminé entre la puberté et la saillie, et l'aliment témoin durant la gestation. Les truies du 3^e lot reçoivent le régime contaminé de la saillie à l'abattage. Le niveau de consommation journalière est de 2 kg. A l'abattage des animaux gravides, le tractus génital est prélevé, les corps jaunes, les fœtus et leurs annexes dénombrés et pesés, et la mortalité embryonnaire estimée. De plus, la longueur et le poids des cornes utérines sont mesurés. Les truies n'ayant pas manifesté de nouvel œstrus pendant les 45 jours suivant la puberté, et qui n'ont donc pu être saillies, sont également abattues. Leur tractus génital est disséqué suivant une technique décrite par ailleurs (ETIENNE et LEGAULT, 1974). Les résultats sont comparés par analyse de variance.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Fertilité des truies

Les résultats de fertilité sont présentés dans le tableau 2.

TABLEAU 2
FERTILITÉ DES TRUIES

LOT Aliment puberté-saillie Aliment gestation	1 témoin témoin	2 contaminé témoin	3 témoin contaminé
Effectif des truies :			
Mises en expérience	13	13	12
Pubères non cycliques	0	<u>7</u>	0
Saillies	13	6	12
Gravides à 80 jours	9	4	9
Non gravides non cycliques	0	0	<u>2</u>
Revenant en œstrus	4	2	1

Toutes les truies ayant reçu l'aliment témoin entre la puberté et la saillie (lots 1 et 3) sont revenues normalement en œstrus et ont pu être accouplées. Par contre, plus de la moitié des truies (7/13) qui reçoivent l'aliment contaminé à partir de la puberté n'ont toujours pas présenté de nouvel œstrus 45 jours plus tard. Cette situation d'anœstrus de femelles pubères est confirmée à l'abattage par l'examen des tractus génitaux, qui révèle un état de pseudogestation. Aucun corps blanc n'est présent sur les ovaires, et les corps jaunes formés à la puberté sont persistants. L'utérus est hypertrophié, comme en témoignent les mensurations effectuées : la longueur totale et le poids des 2 cornes utérines sont respectivement de 2,46 m et 980 g en moyenne, alors que les valeurs correspondantes sont de 1,89 m et 412 g chez 4 femelles pubères non gravides de poids équivalent appartenant au lot 1, abattues après avoir manifesté un retour en œstrus après la saillie. Une telle hypertrophie de l'utérus a été signalée chez la rate, mais aussi chez de jeunes truies consommant du maïs infesté par *Fusarium roseum* ou *graminearum* à partir de 80 jours (KURTZ et al., 1969) ou de 6 semaines d'âge (CHRISTENSEN et al., 1972), de façon comparable à des animaux traités à l'œstradiol. Elle peut être reliée à une prolifération cellulaire dans toutes les couches tissulaires de l'utérus, et en particulier à un épaississement du myomètre (KURTZ et al., 1969).

Une tuméfaction de la vulve a été fréquemment signalée chez les truies impubères consommant du maïs moisi. Nous n'avons pas observé cette manifestation sur les truies recevant le régime contaminé ; sans doute est-elle moins nette dans le cas de l'animal adulte. Par contre, à notre connaissance, la persistance des corps jaunes et l'absence de cycles sexuels chez des truies pubères après ingestion de zéaralénone n'avaient pas encore été démontrées expérimentalement. L'absence de corps jaunes sur les ovaires de femelles en âge d'être pubères (MIROCHA et CHRISTENSEN, 1974), ou l'atrophie des ovaires (MIROCHA et al., 1968) et l'astrésie des follicules (KURTZ et al., 1969) ont été signalées chez des truies impubères. Un état d'anœstrus prolongé analogue à celui des truies de la présente expérience a été observé par DU MESNIL DU BUISSON (1966) après injection pendant 7 jours de benzoate d'œstradiol, à condition que la dose utilisée soit d'au moins 3 mg/jour. Le traitement était plus efficace lorsqu'il débutait au 12^e jour du cycle que plus tôt. Ceci suggère que dans les conditions de cette étude, la zéaralénone a les mêmes effets que des œstrogènes apportés à forte dose, peut être parce qu'elle est ingérée sans interruption depuis le début du cycle. Tous les animaux n'ont cependant pas été affectés, soit en raison d'une sensibilité différente, soit à cause d'une hétérogénéité de la teneur en zéaralénone de l'aliment. Il faut noter que le double effet au niveau des ovaires et de l'utérus se retrouve chez 2 truies du lot 3 qui, abattues 80 jours après la saillie, n'étaient pas gravides sans qu'il y ait eu de signes d'avortement. On peut donc penser que ces femelles n'ont pas été fécondées. Comme elles recevaient l'aliment contaminé depuis la saillie, elles se sont trouvées en état de pseudogestation comme la majorité des truies du lot 2. Par ailleurs, aucun effet n'apparaît sur la durée du cycle sexuel des femelles (22,7 jours pour les 6 truies cycliques du lot 2, contre 21,3 jours en moyenne pour celles des lots 1 et 3), ni sur leur fertilité (71 % des truies saillies sont fécondées). Bien que peu élevé, ce taux est normal pour des truies nullipares, et ne révèle pas de différence entre les 3 lots.

L'effet principal de l'ingestion de zéaralénone par la truie pubère paraît donc être un état d'anœstrus prolongé chez les femelles non saillies (lot 2), comme chez celles qui n'ont pas été fécondées (lot 3). De nombreux cas d'infécondité constatés à la suite de la consommation de maïs mal conservé en cribs (GOUSSE et al., 1973) pourraient ainsi s'expliquer.

Reproduction des truies

Seuls les résultats de reproduction des truies des lots 1 et 3 figurent au tableau 3, l'effectif de femelles gravides étant trop faible dans le 2^e lot pour que l'on puisse conclure. Les effets éventuels résultent donc de la consommation d'aliment contaminé pendant la gestation. Elle tend à réduire, quoi que non significativement, le gain de poids des animaux durant cette période. Des effets analogues ont été constatés au cours de la phase de croissance du porc (DANKO et ALDASY, 1970 ; LONCAREVIC et al., 1970 ; STOJANOVIC, 1974) et attribués à la présence d'un "facteur de refus" dans le maïs fusarié. Tel n'a pas été le cas de notre étude, le refus d'aliment n'ayant été observé que sur quelques animaux, tout en restant limité aux premiers jours de l'expérience.

Le taux d'ovulation, le poids moyen des corps jaunes, le poids du tissu ovarien non lutéal, et le nombre de fœtus vivants présents dans l'utérus sont comparables chez les truies des 2 groupes, et normaux pour des truies nullipares. De même, la mortalité embryonnaire, de l'ordre de 32 % dans les lots 1 et 3 ne diffère pas des résultats enregistrés habituellement : 32,6 % à 30 jours de gestation sur 449 femelles nullipares Large White (GAUTHERIE, 1976), ou 29,8 % à 105 jours de gestation sur des animaux d'âge et de poids comparables à ceux de la présente expérience (ETIENNE, 1977). De plus, nous ne trouvons pas, 80 jours après la saillie, l'augmentation du nombre de porcelets momifiés qui a parfois été signalée à la naissance à la suite de l'ingestion d'aliment renfermant 0,5 à 0,7 ppm de zéaralénone (MILLER et al., 1973) ou infesté par *Fusarium* (SHARMA et al., 1974).

TABEAU 3
VARIATIONS PONDÉRALES ET RÉSULTATS DE REPRODUCTION DES TRUIES

LOT	1	3	SIGNIFICATION STATISTIQUE (1)		
			$\bar{x}$	(CV %)	
Aliment en gestation	Témoin	Contaminé	—		
Age à la saillie (j)	268	274	4,1	(7,4)	NS
Poids à la saillie (Kg)	113	114	3,3	(14,0)	NS
Stade de gestation à l'abattage (j)	79,9	79,4	0,4	(2,1)	NS
Gain de poids en gestation (Kg)	48,0	38,3	3,2	(30,2)	NS
Taux d'ovulation	13,9	13,4	0,39	(11,7)	NS
Poids moyen des corps jaunes (g)	0,50	0,46	0,02	(19,0)	NS
Poids du tissu ovarien non lutéal (g)	7,27	6,47	0,35	(20,9)	NS
Nombre de fœtus normaux/portée	8,9	8,9	0,8	(36,4)	NS
Nombre de fœtus momifiés/portée	0,1	0,1	—		
Mortalité embryonnaire p. 100	31,2	32,9	5,7	(73,0)	NS
Poids moyen du fœtus à 80 j. (g)	435	319	16,6	(18,5)	***
Poids moyen du placenta (g)	198	130	10,7	(27,7)	**
Poids total des cornes utérines (g)	2422	1806	138	(26,9)	*
Longueur totale des cornes utérines (cm)	331	290	16	(20,2)	NS

NS : Différence non significative

* : Différence significative au seuil $P < 0,05$

** : Différence significative au seuil $P < 0,01$

*** : Différence significative au seuil $P < 0,001$

Si le régime maternel n'affecte pas la taille de la portée, il n'en va pas de même pour le poids des fœtus. Les histogrammes de la figure 1 rendent compte de la réduction pondérale moyenne de 26 % des individus portés par des truies consommant le régime contaminé, ainsi que de leur plus grande hétérogénéité (coefficient de variation de 27,4 %, au lieu de 14,8 % dans le lot témoin). L'importance de cet écart est d'autant plus remarquable que l'âge et l'effectif des fœtus sont les mêmes dans les deux lots. Ceci rejoint les observations de SHARMA et al. (1974) qui notent à la naissance une moindre vigueur des porcelets issus de truies ayant consommé du maïs contaminé artificiellement par *Fusarium roseum*. Parallèlement à l'effet sur le fœtus, le poids moyen du placenta et celui des cornes utérines sont réduits respectivement de 37 et 25 % dans le lot 3. Il est donc vraisemblable qu'un moindre développement de l'utérus des femelles ingérant la F2 en gestation a limité la croissance du placenta et par suite, celle des fœtus. Les causes de ces modifications ne peuvent être précisées. Un apport important de substances œstrogéniques exogènes affecte certainement l'équilibre hormonal de la femelle gravide. Ainsi, la consommation de phytoœstrogènes de trèfle par la brebis diminue le taux de progestérone plasmatique (OBST et al., 1971). La production d'hormones intervenant dans le développement de la muqueuse utérine au début de la gestation a donc pu être affectée, ce qui expliquerait le moindre poids des fœtus. Il pourrait également en résulter un abaissement de la survie des fœtus après 80 jours de gestation dans les portées de truies consommant l'aliment contaminé. L'accroissement de la mortalité des porcelets entre les derniers jours de la gestation et le début de la lactation, observé par MILLER et al. (1973), va dans ce sens.

Il faut également signaler que d'autres mycotoxines généralement associées à la zéaralénone sont présentes dans l'aliment contaminé. Des trichothécènes (nivalénol, déoxynivalénol, T2 toxine) ont été identifiées à des taux variables. Cependant, les effets relevés habituellement chez les rongeurs, le cheval ou l'homme ayant ingéré des trichothécènes (vomissements, hémorragies internes, leucopénie, diminution du taux de plaquettes sanguines) n'ont été observés ni chez les truies, ni chez les fœtus de cette expérience.

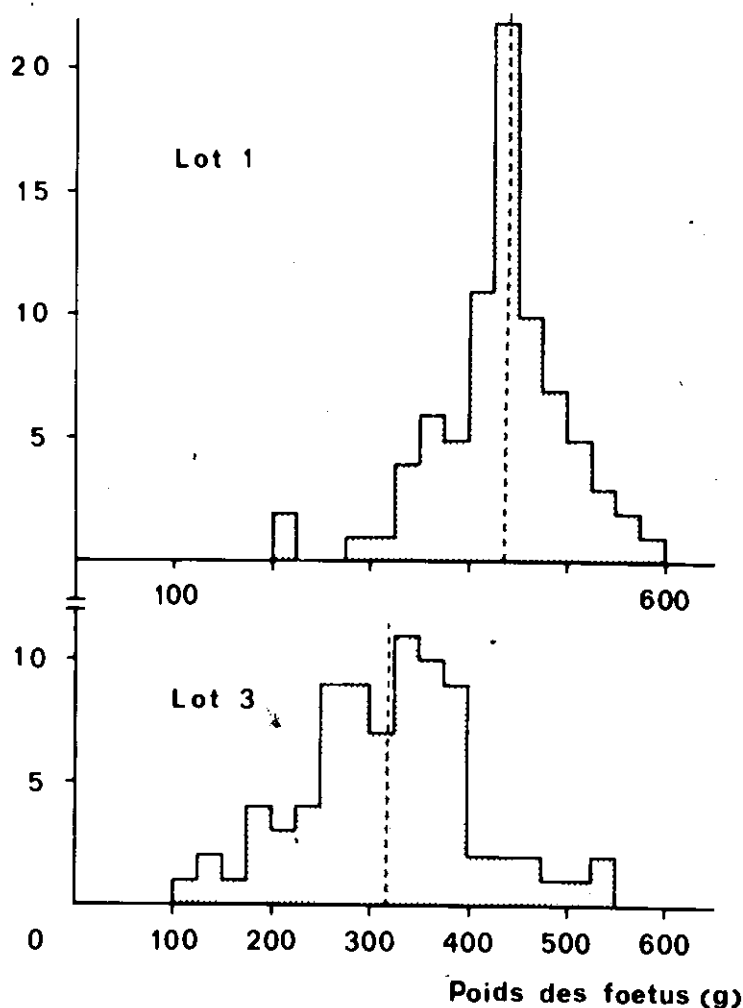
En conclusion, cette étude permet de préciser les conséquences de l'ingestion de zéaralénone contenue dans le maïs par la truie reproductrice : état d'anoestrus prolongé chez des femelles qui auraient dû être cycliques, diminution importante du poids des produits de la conception, sans doute à cause d'un moindre

FIGURE 1

HISTOGRAMME DU POIDS DES FOETUS AGÉS DE 80 JOURS EN FONCTION DU RÉGIME DE LA TRUIE

Figure 1 : Histogramme du poids des foetus âgés de 80 jours en fonction du regime de la truie

Effectif



développement des cornes utérines. Elle contribue à expliquer les observations faites dans d'autres essais : baisse du taux de fertilité, retours en œstrus anormaux, accroissement de la mortalité embryonnaire, plus grande morbidité des porcelets à la naissance. Les conséquences que nous avons mises en évidence ont un impact important sur les plans technique et économique. Cependant, il ne faut pas perdre de vue qu'elles sont associées à la consommation d'aliment hautement contaminé, et que le maïs utilisé ne répond pas aux exigences habituelles du commerce. Il n'en demeure pas moins que le taux de zéaralénone dans une céréale n'est pas forcément lié à son état de contamination apparente par les moisissures. Compte tenu des variations individuelles de sensibilité des truies à cette mycotoxine, et du manque de références précises en ce qui concerne sa teneur dans les aliments utilisés au cours de la plupart des essais, on ne peut prétendre actuellement fixer un seuil de toxicité. De la même façon, il faudrait se garder d'incriminer le maïs dans tous les cas de troubles de la reproduction observés.

BIBLIOGRAPHIE

- BRISTOL F.M., DJURICKOVIC S., 1971 - Can. Vet. J., **12**, 132-135.
- COLLET J.C., REGNIER J.M., 1977 - Anals Nutr. Aliment., **31**, 447-457.
- CHRISTENSEN C.M., MIROCHA C.J., NELSON G.H., QUAST J.F., 1972 - Appl. Microbiol., **23**, 202.
- DANKO G., ALDASY P., 1969 - Magy. Allatorv. Lap., **24**, 517-519.
- DEBRECZENI I., REJTŐ G., 1969 - Magy. Allatorv. Lap., **24**, 520-523.
- ETIENNE M., 1977 - Journées Rech. Porcine en France, **9**, 199-203, I.T.P. éd., Paris.
- ETIENNE M., LEGAULT C., 1974 - Journées Rech. Porcine en France, **6**, 57-62, I.T.P. éd., Paris.
- GAUTHERIE J.M., 1976 - Mémoire Fin d'Etudes E.N.I.T.A., Bordeaux, pp 62.
- GOUSSE R., BERNARD C.R., WEIL A., 1973 - Inds Aliment. anim., **11**, 11-19.
- JEMMALI M., 1973 - Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur), **124B**, 109-114.
- JEMMALI M., GOUSSE R., BERNARD C.R., WEIL A., 1974 - Bull. Soc. scient. Hyg. aliment., **62**, 119-124.
- KURTZ H.J., NAIRN M.E., NELSON G.H., CHRISTENSEN C.M., MIROCHA C.J., 1969
Am. J. vet. Res., **30**, 551-556.
- LONCAREVIC A., MILIC D., PENCIC V., ANTONIJEVIC M., 1970
Proc. First Yugo. intern. Conf. Anim. Prod., NOVI SAD, 321-322.
- Mc NUTT S.H., PURWIN P., MURRAY C., 1928 - J. Anim. vet. med. Ass., **73**, 484-492.
- DU MESNIL DU BUISSON F., 1966 - Thèse Fac. des Sciences Univ. Paris, pp 135.
- MILLER J.K., HACKING A., HARRISSON J., GROSS V.J., 1973 - Vet. Rec., **93**, 555-559.
- MIROCHA C.J., CHRISTENSEN C.M., NELSON G.H., 1968 - Cancer Res., **28**, 2319-2322.
- MIROCHA C.J., CHRISTENSEN C.M., 1974 - In PURCHASE I.F.H. Mycotoxins, 129-148,
Elsevier éd., Amsterdam.
- NELSON G.H., CHRISTENSEN C.M., MIROCHA C.J., 1973 - J. Am. vet. med. Ass., **163**, 1276-1277.
- OBST J.M., SEAMARK R.F., Mc GOWAN C.J., 1971 - J. Reprod. Fert., **26**, 259-262.
- POPOVIC M., 1970 - Vet. Glasn., **24**, 49-52.
- SHARMA V.D., WILSON R.F., WILLIAMS L.E., 1974 - J. Anim. Sci., **38**, 598-602.
- STOB M., BALDWIN R.S., TUIE J., ANDREWS F.N., GILLETTE K.G., 1962 - Nature, Lond., **196**, 1318.
- STOJANOVIC Z., 1974 - Poljopr. znanst. Smotra, **31**, 521-530.