



Appréciation de la qualité sanitaire du CORAMI[®], co-produit de l'amidonnerie du blé utilisé en alimentation porcine

Diana RINGOT*
Pascale LESTRADET*
Francis WILLEQUET*

*Institut Supérieur Agricole de Beauvais, Département des Sciences Animales, B.P. 30313, 60026, Beauvais Cedex

L'utilisation des co-produits en alimentation porcine est une pratique courante en région Nord-Picardie. Les co-produits les plus utilisés sont ceux de la transformation de la pomme de terre et de l'amidonnerie du blé dont le CORAMI[®] fait partie. Le CORAMI[®] est produit par la société Roquette Frères S.A. Sa production annuelle par les usines de Lestrem (Pas de Calais) et Beinheim (Bas-Rhin) s'élève à plusieurs centaines de milliers de tonnes, dont une partie est séchée pour entrer dans la composition du MILUREX[®], (co-produit sec utilisé en fabrication d'aliments composés), le reste étant destiné à l'alimentation porcine généralement dans le cadre d'une fabrication à la ferme. La composition chimique du CORAMI[®] et la digestibilité de ses principes alimentaires, ont été présentées par Sourdioux et al. (1992). L'influence des taux d'incorporation dans la ration (en association avec un autre co-produit) sur les performances zootechniques des porcs charcutières a été testée par Moreau et al. (1994). L'étude de la qualité sanitaire du CORAMI[®], complète ces travaux et répond aux préoccupations des consommateurs et des producteurs en terme de sécurité alimentaire et de santé publique. Elle s'inscrit dans une démarche plus globale permettant d'assurer la traçabilité du produit de l'élevage aux consommateurs. Les contaminants susceptibles de nuire à la santé de l'animal et de l'homme sont nombreux et dépendent à la fois des conditions de production, de transformation, de transport et de stockage. De ce fait, ce type d'étude ne peut être raisonnablement entrepris que sur une matière première à la fois et les observations faites n'ont de valeur que pour cette matière première, dans les conditions d'observation données (période et durée d'étude, année de culture, échantillonnage, type de stockage, etc.).

Matériel et méthode

Origine et prélèvements des échantillons

L'étude s'est déroulée durant les mois de janvier et de février 1998, sur un co-produit issu de blé de la récolte 1997.

Les prélèvements de co-produit sont réalisés à deux niveaux (tableau 1) :

- à l'usine, au moment du remplissage des camions, avant le départ vers les élevages enquêtés ;
- dans 5 élevages implantés en Picardie, la veille et le lendemain de la livraison et ce, pour deux livraisons successives ; un dernier prélèvement est effectué la veille de la troisième livraison de manière à avoir une étude portant sur deux durées de stockage complètes. Les

La présente étude propose une appréciation de la qualité sanitaire (l'ensemble des paramètres caractérisant la qualité de conservation, la contamination chimique et microbiologique) du CORAMI[®], co-produit issu de l'amidonnerie du blé provenant de la récolte 1997. Le co-produit est étudié dès son origine (entreprise productrice) jusqu'à sa destination (l'animal) dans le but d'identifier les points critiques de contamination. Les résultats de ce travail montrent que le CORAMI[®], est une matière première ayant une excellente qualité de conservation qui lui assure une innocuité en conditions de stockage usuelles. En ce qui concerne l'évolution du co-produit au cours du stockage, nous avons constaté une faible variabilité de sa teneur en matière sèche ainsi qu'une chute du pH médian de 0.02 unités par jour pour le type de stockage (en cuve), la durée (maximum deux semaines) et la période étudiées (janvier - février 1998). Les résultats sont rassurants quant au risque potentiel de la présence des germes pathogènes ainsi que de la contamination du co-produit en métaux lourds, pesticides organochlorés et organophosphorés, aflatoxine B1, zéaralénone et ochratoxine A.

Seuls les trichothécènes (toxine T2 et déoxynivalenol) qui semblent avoir eu un impact plus important sur la culture de blé 1997, se retrouvent dans le co-produit à des teneurs qui ne sont pas inquiétantes. A la vue de ces résultats, la poursuite de l'étude pour une autre année de culture ainsi que sur la matière première (blé) et ses dérivés serait intéressante à envisager.

Résumé



Tableau 1: Protocole de prélèvements des échantillons

A l'usine :	Chez les éleveurs :
-	La journée avant la première livraison J1-1
La journée de la première livraison J1	-
-	Le lendemain de la première livraison J1+1
-	La journée avant la deuxième livraison J2-1
La journée de la deuxième livraison J2	-
-	Le lendemain de la deuxième livraison J2+1
-	La journée avant la troisième livraison J3-1

cuves de stockage étant équipées d'un moyen d'homogénéisation, les prélèvements dans les élevages sont effectués en sortie de cuve, avant la machine à soupe.

Ainsi, un nombre total de 35 échantillons a été prélevé, 10 à l'usine et 25 en élevages. Chaque échantillon est constitué de trois aliquotes : pour les analyses chimiques (1000 g), pour les analyses de mycotoxines (500 g), pour les analyses microbiologiques (100 g - prélevés en pot stérile).

Les analyses

Etant donné le nombre important de contaminants potentiels, le choix des analyses est fait sur les bases de la réglementation existante, de l'expérience acquise lors des études antérieures (Radutza et al., 1998) et de l'avis d'experts.

Analyses chimiques

Les analyses chimiques réalisées sur le co-produit sont les suivantes :

- * matière sèche (M.S.) par dessiccation à 90°C dans une étuve ventilée, jusqu'à poids constant ;
- * pH ;
- * métaux lourds (plomb, cadmium, mercure) et arsenic par spectrométrie d'émission atomique utilisant une excitation en torche plasma à couplage inductif, selon les méthodes NFX 31-150 pour la préparation des échantillons et NFX 31-151 pour la mise en solution ;
- * pesticides organochlorés (aldrine,

DDT et isomères, dieldrine, endosulfan, endrine, hexachlorobenzène, hexachlorocyclohexane, heptachlore, lindane) et organophosphorés (chlorpyrifos éthyle, chlorpyrifos méthyle, dichlorvos, diméthoate, malathion, parathion éthyle, parathion méthyle, pyrimiphos éthyle, pyrimiphos méthyle). Les résidus des pesticides sont analysés par la méthode multirésidus en chromatographie en phase gazeuse, avec un détecteur à capture d'électrons. L'extraction est réalisée selon la méthode européenne (C.E.N./TC 275/WG 4N) ;

- * mycotoxines (aflatoxine B1, ochratoxine A, zéaralénone, toxine T2 et déoxynivalénol) par la méthode E.L.I.S.A. sur des kits produits par Transia Diffchamb et Ridascreen, Allemagne.

Les teneurs en arsenic, mercure et pesticides sont déterminées par le laboratoire AGREN de Beauvais, les autres analyses sont effectuées à l'I.S.A.B.

Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques (analyses bactériologiques et de la flore fongique) sont réalisées dans le laboratoire de microbiologie de l'I.S.A.B.

a). Les analyses bactériologiques

Les denrées alimentaires destinées à l'alimentation animale ne sont pas soumises au respect de critères microbiologiques. Cependant, la présence d'agents pathogènes peut être nuisible à l'animal au même titre qu'à

l'homme. Les analyses, réalisées dans ce travail, ne concernent que les échantillons dont le pH est supérieur à 4,5 par analogie aux recommandations en vigueur dans le secteur agro-alimentaire. Le travail porte sur l'identification et le dénombrement des germes anaérobies sulfite-réducteurs, de *Bacillus cereus*, de *Salmonellae* et de *Staphylococcus aureus*. Les techniques utilisées sont les suivantes :

- * préparation des échantillons selon la norme AFNOR NF V 08-201 ;
- * recherche des germes sulfite-réducteurs sur milieu gélose T.S.N. puis, vérification de leur caractère anaérobie sur un milieu V.F. ;
- * recherche de *Bacillus cereus* sur milieu de Mossel ;
- * recherche de *Salmonellae* réalisée selon la norme ISO 3565 ;
- * recherche de *Staphylococcus aureus* basée sur la mise en évidence des deux enzymes particulières à ces micro-organismes : coagulase et thermonucléase.

b). Les analyses de la flore fongique
Le dénombrement des moisissures et des levures est réalisé pour tous les échantillons, sans tenir compte de la valeur de pH, selon la méthode NF-V-18-301.

Traitement des données

La présente étude est essentiellement descriptive. Le traitement statistique des données fait appel aux paramètres classiques : moyenne, médiane, minimum, maximum, écart type, coefficient de variation. Pour l'interpréta-



tion de l'évolution du pH, étant donnée l'expression logarithmique de cet indicateur, nous avons considéré que les valeurs médianes étaient des indicateurs plus pertinents que les valeurs moyennes.

Résultats et discussion

Les paramètres de la qualité de conservation : le pH et la matière sèche

Le pH donne des informations sur l'acidité (ou l'alcalinité) d'un milieu et, par conséquent, sur la qualité sanitaire : présence de flore pathogène, solubilité des différents composants ou polluants. L'humidité des aliments (ou la teneur en matière sèche) représente, quant à elle, une première information sur le risque de contamination microbiologique.

Résultats obtenus sur les échantillons provenant de l'usine

Sur les 10 échantillons, le pH médian est de 3,9, avec une variation de 3,8 à 4,2.

La teneur moyenne en matière sèche est de $29,9 \pm 0,5\%$. Cette valeur est supérieure et surtout nettement moins variable que celle trouvée par Sourdioux et al. (1992). Ce résultat s'explique par le fait que l'industriel a aujourd'hui les moyens de contrôler ce paramètre et que, de ce fait, un cahier des charges élaboré en concertation avec les utilisateurs peut en garantir une valeur. Cette dernière est de $29 \pm 3\%$.

Demarquilly et Andrieu (1988) considèrent qu'un $\text{pH} \leq 4$ et une teneur en matière sèche d'environ 30% sont les témoins d'excellentes qualités de conservation des ensilages d'herbe et de maïs. En prenant à titre indicatif ces références, le CORAMI[®], sortant de l'usine, a donc a priori d'excellentes caractéristiques de conservation.

Résultats sur les échantillons provenant d'élevages

Les résultats concernant le pH montrent une évolution similaire du co-produit dans les différents élevages au cours du stockage. Les durées de stockage sont différentes d'un élevage à l'autre mais également pour un même atelier d'une livraison à l'autre. Trois durées de stockage peuvent ainsi être étudiées : 7, 9 et 12 jours.

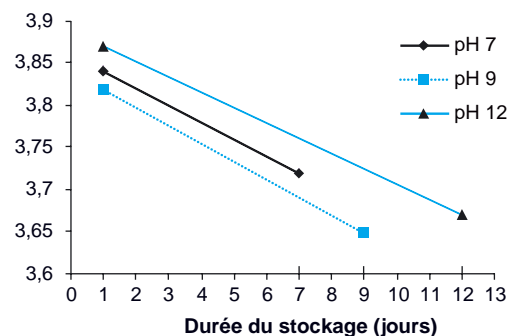
A partir de ces données, nous avons calculé les pentes médianes pour les trois durées de stockage observées (graphique 1). Les trois pentes médianes obtenues sont comparables et de l'ordre de - 0,02 unités de pH par jour. Cette valeur est valable pour des durées de stockage qui ne dépassent pas douze jours.

Le graphique 2 met en relation le pH mesuré à la sortie de l'usine (j1 et j2) avec celui mesuré au début du stockage en élevages (j1+1 et j2+1), période au cours de laquelle l'influence des conditions de stockage est minimale. A l'exception d'un seul échantillon prélevé dans l'élevage 2, les mesures effectuées sur les prélèvements en début de stockage sont toutes inférieures à celles faites à l'usine. Ce résultat témoigne dès le premier jour, de l'évolution rapide du pH du co-produit.

En ce qui concerne les teneurs en matière sèche, nous n'avons observé aucune différence entre les valeurs mesurées à la sortie de l'usine et celles mesurées en début de stockage. De plus, la teneur moyenne en matière sèche ne varie pas (ou que très peu) au cours de stockage (graphique 3). Dans un seul cas (élevage 2 et pour les deux livraisons), nous avons constaté une diminution de ce critère au cours de stockage. La raison de ce phénomène nous échappe.

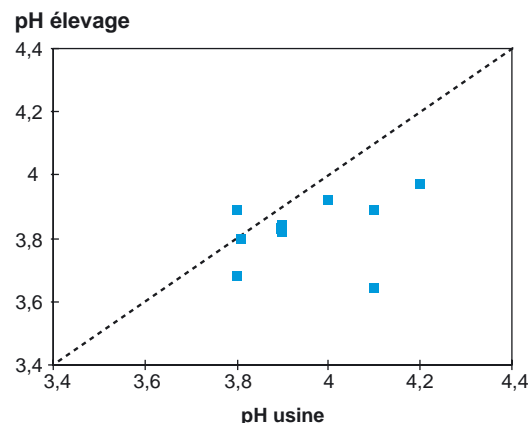
A cette exception près, ces faits nous indiquent que le stockage en cuve n'influence pas la teneur en matière sèche du CORAMI[®].

Graphique 1 : Evolution médiane du pH au cours du stockage

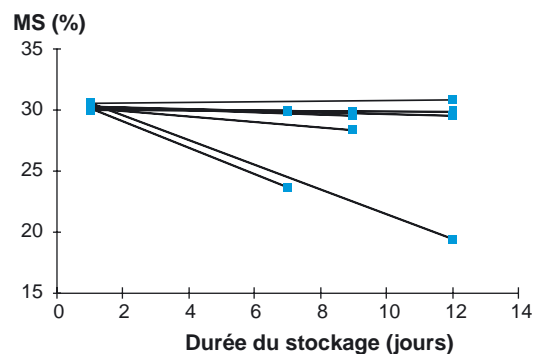


pH 7 : pH médian pour une durée de stockage de 7 jours
 pH 9 : pH médian pour une durée de stockage de 9 jours
 pH 12 : pH médian pour une durée de stockage de 12 jours

Graphique 2 : Relation entre le pH sortie usine et le pH début du stockage en élevage



Graphique 3 : Evolution de la teneur en matière sèche au cours du stockage en élevages





Les aspects microbiologiques

Tous les échantillons (prélevés tant à l'usine qu'en élevages) ayant un pH inférieur à 4,5, il n'y a pas de risques sanitaires liés à la présence des microorganismes pathogènes.

Par ailleurs, les moisissures sont absentes dans tous les échantillons analysés et bien que dans ceux de l'usine les levures soient absentes ou à des concentrations non significatives, au cours du stockage, nous avons constaté leur multiplication, jusqu'à des teneurs maximales de 10^7 U.F.C./g. Ce phénomène peut être associé à la baisse de pH. Le développement des levures au cours du stockage du co-produit assure, par compétition, une protection contre le développement des moisissures de stockage

La contamination chimique

Les résultats issus des analyses de contaminants sont comparés aux limites maximales (lorsqu'elles existent) acceptées par la législation en vigueur (Lamy-Dehove, 1996 ; Smith et Solomons, 1994). La teneur en humidité du co-produit étant différente de celle retenue dans le cadre de la législation pour les matières premières destinées à l'alimentation animale (12% pour les produits standardisés), tous les résultats, à l'exception de ceux en mycotoxines, sont exprimés en ppm (mg/Kg) de produit standardisé. Les données relatives aux mycotoxines sont présentées en ppb ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) de produit standardisé.

Les métaux lourds et l'arsenic

L'origine d'une contamination en métaux lourds est complexe : matière première, processus technologique, transport, stockage.

Pour le mercure et l'arsenic, les seuils tolérés dans les aliments simples, ramenés à 12 % d'humidité, sont res-

Tableau 2 : Teneurs en plomb et cadmium : résultats obtenus en usine et élevages

	Plomb (ppm)		Cadmium (ppm)	
	LMA ¹ = 10 ppm		LMA ¹ = 1 ppm	
	Usine	Elevage	Usine	Elevage
Fréquence ²	2/10	9/25	10/10	25/25
Valeur moyenne	0,20	0,40	0,08	0,09
Valeur maximale	0,21	0,80	0,10	0,10
Valeur minimale	0,20	0,20	0,06	0,06

(1) - Limite Maximale Admissible

(2)- Fréquence des échantillons positifs (supérieurs à la limite de détection)

pectivement de 0,1 ppm et de 2 ppm. Les résultats montrent que ces deux éléments ne sont pas des contaminants à risque pour le CORAMI[®] tous les échantillons (usine et élevages) ayant des teneurs inférieures aux limites de détection de la méthode.

Les deux autres métaux lourds analysés (plomb et cadmium) sont présents en très faibles quantités (largement inférieures au seuil de tolérance), tant dans les échantillons provenant de l'usine, que dans ceux des élevages (tableau 2).

Pour le plomb, la fréquence des échantillons positifs (limite de détection à 0.2 ppm), ainsi que les teneurs moyennes, semblent être plus grandes en élevages qu'à la sortie de l'usine. Les causes de cette augmentation peuvent être dues tant aux conditions de transport qu'aux conditions de stockage en élevage (matériaux de construction des citernes, produits de teinture des parois, des cuves, des conduites...).

Les teneurs en cadmium de l'ensemble des échantillons sont identiques en usine et en élevage. Pour cet élément, la fréquence des échantillons positifs est de 100%. Ce résultat pourrait paraître, à première vue, important, mais est lié en grande partie à la sensibilité de la méthode analytique utilisée (limite de détection à 0.05 ppm).

Les pesticides

Une éventuelle contamination en pesticides du CORAMI[®] pourrait être due à la matière première, le blé. Les résultats de notre étude montrent l'absence des pesticides organochlorés dans tous les échantillons (usine et élevages).

Quant aux pesticides organophosphorés, seul le pyrimiphos méthyle (insecticide de stockage) a été détecté positivement parmi toutes les matières actives recherchées. Un échantillon d'usine et trois d'élevages (les quatre prélevés entre les 9 et 11 février) ont été identifiés positifs pour ce pesticide. La teneur maximale mesurée est de 0,29 ppm sur le produit standardisé. En alimentation animale, ce pesticide n'est pas réglementé. Les concentrations sont inférieures à la Limite Maximale en Résidu (L.M.R.) existant en alimentation humaine. Le calcul de l'ingéré journalier en conditions de risque maximum (teneur maximale de pyrimiphos méthyle identifiée lors de notre étude x par le pourcentage d'utilisation du CORAMI[®] le plus élevé rencontré dans la pratique x par le niveau d'ingestion quotidien) donne une valeur maximale de 0,0083 mg/Kg corporel/ jour au début d'engraissement, pour des poids moyens d'environ 30 Kg. Cette valeur est inférieure à la dose journalière admissible (D.J.A.) de 0,03 mg/Kg corporel.



Tableau 3 : Présence de mycotoxines dans le co-produit

MYCOTOXINE	USINE		ELEVAGE	
	Fréquence ⁽¹⁾	Teneur maximale ⁽²⁾	Fréquence ⁽¹⁾	Teneur maximale ⁽²⁾
Aflatoxine B1	0/10	-	0/25	-
Zéaralénone	3/10	11,8	3/25	4,6 (Elevage3)
Ochratoxine A	2/10	2,5	1/25	0,2 (Elevage1)
Toxine T2	10/10	56,8	25/25	63,3
Déoxynivalénol	10/10	61,1	25/25	66,2

(1) Fréquence : nombre d'échantillons positifs sur l'ensemble des échantillons

(2) ppb dans le produit standardisé

Les mycotoxines

Les mycotoxines sont des métabolites toxiques des moisissures ayant un impact sur la santé de l'homme et de l'animal. Les mycotoxines induisent, chez le porc, des effets hépatotoxiques (Guerre et al., 1996), néphrotoxiques et oestrogéniques (Anadon et al., 1995), immunosuppresseurs (Ueno, Y., 1983), ainsi que des troubles respiratoires (Thibault et al., 1997).

Les Mycromycètes peuvent contaminer les céréales puis leurs co-produits, tout au long de la chaîne : dans le champ et en péri-récolte, en conservation.

En ce qui concerne le CORAMI® le traitement thermique au cours du processus technologique, le transport sur de courtes distances (en citernes, souvent le produit étant chargé à une température supérieure à 60°C), le stockage (en cuves fermées), la consommation rapide (max. 15 jours) font que le risque de contamination du co-produit par les moisissures est réduit. Ce fait est confirmé par les analyses microbiologiques de cette étude. Dans ces conditions, la principale source d'une éventuelle contamination en mycotoxines du CORAMI®, est représentée par la matière première, le blé.

Les résultats des analyses des mycotoxines sont présentés dans le tableau 3.

En France, en alimentation animale, seule l'aflatoxine B1 est réglementée. Pour les matières premières ramenées à 12 % d'humidité, la teneur maximale autorisée est fixée à 50 ppb. Aucune réglementation n'existe pour les tricothécènes (toxine T2 et déoxynivalénol), mais des teneurs maximales sont proposées pour la zéaralénone (200 ppb/brut) et l'ochratoxine A (30 ppb/brut) pour les céréales et leurs dérivés destinés à l'alimentation humaine. Si l'on se réfère à d'autres pays, au Canada, la teneur en tricothécènes (totale) dans l'alimentation animale ne doit pas dépasser 300 ppb. La Russie est le seul pays fixant une limite de 100 ppb de T2 dans les grains. Les teneurs disponibles sur cette mycotoxine sont relativement variables suivant les références. D'autres auteurs proposent comme acceptables des teneurs en dessous de 0,3 ppm. (Mollard et David, 1994). Pour le déoxynivalénol, différents pays (Canada, U.S.A., Russie, etc.) ont des réglementations relatives à sa présence dans le blé ou les dérivés céréaliers destinés à l'alimentation humaine. Aux Etats Unis la teneur maximale tolérée de déoxynivalénol dans le blé et ses dérivés destinés à l'alimentation porcine est de 4000 ppb. Dans ces conditions, l'incorporation de ces matières premières est limitée à 10 %.

En prenant à titre indicatif ces références, le co-produit testé ne présen-

te aucun risque relatif à la présence de l'aflatoxine B1, la zéaralénone et l'ochratoxine A (tableau 3).

Pour les tricothécènes (fusariotoxines produites par différentes espèces de *Fusarium* tels que *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. tricinctum*, *F. nivale*), la fréquence des échantillons positifs est de 100 % mais les teneurs mesurées sont inférieures aux seuils tolérés (sur des produits à environ 12 % d'humidité). Des valeurs comparables de déoxynivalénol sur le blé issu de la même année de culture ont été présentées par Bakan et al. (1998). En fait, les conditions climatiques de 1997 (sécheresse du printemps suivie par une période pluvieuse au mois de juillet) ont favorisé les maladies cryptogamiques des épis et des grains, en particulier la fusariose sur les variétés tardives (Martin, 1997) et peuvent être à l'origine de la présence de ces mycotoxines.

Conclusions

Les résultats de la présente étude montrent que le CORAMI®, est une matière première avec une excellente qualité de conservation qui lui assure une innocuité en conditions de stockage usuelles.

Ces résultats sont rassurants quant aux risques potentiels de contamination du co-produit en métaux lourds, pesticides organochlorés et organophosphorés, aflatoxines, zéaralénone et ochratoxine A.



Seuls les trichothécènes (dont la contamination provient de la matière première, le blé) se retrouvent dans le co-produit à des teneurs qui ne semblent pas inquiétantes.

Pour confirmer ces conclusions et élargir les résultats, la poursuite de l'étude pour une autre année de cul-

ture ainsi que sur la matière première (blé) et ses dérivés serait intéressante à envisager.

Remerciements

Les auteurs remercient

• Melle Kathy Chapelain et Mrs M.Sourdioux et J.F. Beaumont de

l'ISAB, Melle Dumont et M. Delporte de Roquette Frères S.A., M. Bettens de COBEVIAL et les cinq éleveurs pour leur collaboration et leurs conseils.

• les Conseils Régionaux Nord Pas-de-Calais et Picardie, l'OFIVAL et la D.G.E.R. pour leurs appuis financiers.

étude réalisée dans le cadre du Centre Technique du Porc Nord-Picardie

Références bibliographiques

- ANADON A., MARTINEZ-LARRANAGA M.R., FERNANDEZ-CRUZ M.L., 1995. *Revue Méd. Vét.*, 146, 533-548.
- BAKAN B., CAHAGNIER B., MELCION D., 1998, 149, *Revue Méd. Vét.*, 6, 697
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., 1988. In : *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, 315-335, I.N.R.A. éd., Paris.
- GUERRE P., GALTIER P., BURGAT V., 1996. *Revue Méd. Vét.*, 147, 497-518.
- LAMY - DEHOVE, 1996. *Réglementation des produits. Qualité. Répression des fraudes. Tome 3.* LAMY S.A. éd.
- MARTIN G., 1997, *Industries des céréales*, 105, 3-7
- MOLLARD D., DAVID S., 1994. *Colloque de Qualité et Débouché du maïs*, 20-21 Septembre, Bordeaux, France.
- MOREAU R., GRENIER E., QUEMERE P., WILLEQUET F., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 221-226.
- RADUTZA D., WILLEQUET F., MAAFA M., 1998. *Journées Rech. Porcine en France* 259-264.
- SOURDIOUX M., GATEL F., BONHOURE J.P., KERVEADOU C., 1992. *Journées Rech. Porcine en France*, 24, 151-158.
- SMITH J. E., SOLOMONS G. L., 1994. *D. G. XII, C.E.*, 4-7, 177-181.
- THIBAUT N., BURGAT V., GUERRE P., 1997. *Revue Méd. Vét.*, 148, 369-388.
- UENO, Y., 1983, *Trichotecenes - chemical, biological and toxicological aspects*, Kodansha, Tokyo and Elsevier, Amsterdam.