

commission du codex alimentarius



ORGANISATION DES NATIONS
UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE

ORGANISATION
MONDIALE
DE LA SANTÉ



BUREAU CONJOINT: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROME Tél: +39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Point 15(d) de l'ordre du jour

CX/FAC 02/21
Novembre 2001

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES

COMITÉ DU CODEX SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES ET LES CONTAMINANTS

Trente-quatrième session
Rotterdam, Pays-Bas, 11-15 mars 2002

AVANT-PROJET DE CODE D'USAGES EN MATIÈRE DE PRÉVENTION (RÉDUCTION) DE LA CONTAMINATION DES CÉRÉALES PAR LES MYCOTOXINES, Y COMPRIS LES APPENDICES SUR L'OCHRATOXINE A, LA ZÉARALÉNONE, LES FUMONISINES ET LES TRICHOTHÉCÈNES

Les gouvernements et les organisations internationales qui souhaitent formuler des observations sur la question exposée ci-après sont invités à les faire parvenir **avant le 15 février 2002** à l'adresse suivante: Service central de liaison avec le Codex des Pays-Bas, Ministère de l'agriculture, de l'aménagement de la nature et des pêches, B.P. 20401, 2500 E.K., La Haye (Pays-Bas) (télécopie: +31.70.378.6141; mél: info@codexalimentarius.nl, et d'en adresser une copie au Secrétaire, Commission du Codex Alimentarius, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie (télécopie: +39.06.5705.4593; mél: Codex@fao.org).

OBSERVATIONS

1. Les gouvernements et les organisations internationales sont invités à formuler des observations à l'étape 3, comme indiqué plus haut, au sujet de l'Avant-projet de Code d'usages en matière de prévention de la contamination des céréales par les mycotoxines (Annexe I), y compris les appendices sur la zéaralénone (Appendice 1), les fumonisines (Appendice 2), l'ochratoxine A (Appendice 3) et les trichothécènes (Appendice 4), qui seront examinés à la trente-quatrième session du Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants.

HISTORIQUE

2. A sa trente-troisième session (mars 2001), le Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (CCFAC) est convenu de renvoyer l'Avant-projet de code d'usages à l'étape 2 pour remaniement par la délégation des Etats-Unis, en collaboration avec l'Argentine, le Canada, la Norvège, l'Afrique du Sud et la Suède, à la lumière des observations reçues et des résultats de l'évaluation réalisée à la cinquante-sixième réunion du JECFA. Le Comité est convenu que le code comprendra un nouvel appendice sur les trichothécènes¹.

INTRODUCTION

¹ ALINORM 01/12A, par. 148 à 151.

3. Les mycotoxines sont des métabolites toxiques produits par certains champignons qui peuvent se développer sur divers produits agricoles en champ et/ou durant l'entreposage. La présence de ces toxines sur les céréales et d'autres produits sensibles à l'infection par les moisissures est difficile à prévoir et est influencée par des facteurs environnementaux tels que température, humidité et durée des précipitations avant, pendant et après la récolte.

4. Les mycotoxines peuvent présenter diverses manifestations toxicologiques; certaines affectent le système immunitaire, tandis que d'autres sont tératogènes, mutagènes et/ou cancérogènes chez certaines espèces animales sensibles et sont associées à plusieurs maladies aiguës et chroniques chez les animaux domestiques, dans le bétail et chez l'homme dans de nombreuses régions du monde.

5. Le niveau de contamination d'un produit par une mycotoxine particulière varie en fonction de la sensibilité des plantes à la prolifération fongique durant toutes les phases de la croissance, de l'entreposage et de la transformation. Des facteurs environnementaux (par exemple, le temps normal, des conditions météorologiques extrêmes) jouent un rôle important dans la présence de mycotoxines sur les céréales et autres produits. Par conséquent, la fréquence de la contamination d'une culture vivrière particulière par les mycotoxines peut varier d'une année à l'autre et d'une région à l'autre.

6. Les incidences sur la santé publique, les effets sanitaires sur le bétail et les effets économiques de la contamination des denrées par les mycotoxines aux niveaux local et international exigent que l'on contrôle que la contamination par les mycotoxines ne dépasse pas un certain niveau fixé sur la base de données scientifiques solides.

7. Il est impossible d'empêcher totalement la contamination des cultures de plein champ par les mycotoxines avant la récolte. Une approche intégrée est nécessaire comprenant une gestion avant, pendant et après la récolte. Chacun de ces thèmes est examiné en détail à l'Annexe I. Minimiser l'infection par les moisissures et la contamination par les mycotoxines avant la récolte est un bon moyen de réduire la contamination après la récolte.

8. Les codes d'usages élaborés dans le Codex Alimentarius devraient contenir des principes généraux pour la réduction des mycotoxines dans les céréales. Les autorités nationales devraient communiquer les principes généraux aux producteurs, en tenant compte des cultures locales, du climat et des méthodes de production, afin d'aider les producteurs à réduire au minimum le niveau des mycotoxines durant la production et l'entreposage des cultures. Il est également recommandé que les autorités nationales rendent les ressources disponibles et/ou prennent l'initiative d'étudier les causes de la prolifération fongique ou de la formation de mycotoxines inhabituelles durant certaines campagnes, et ce pour aider l'industrie à maintenir et à renforcer la sécurité sanitaire des aliments et leur valeur marchande.

Toxines de *Fusarium*

9. L'espèce *Fusarium* peut infecter les céréales avant la récolte, réduire les mycotoxines, nuire à la qualité et réduire les rendements. Les grains peuvent être décolorés, ratatinés et contenir diverses mycotoxines². Des grains ne présentant aucun symptôme peuvent aussi être contaminés et contenir des mycotoxines. Certaines espèces de *Fusarium* sont fortement pathogènes, tandis que d'autres ne le sont que faiblement, voire pas du tout. L'on sait que certaines espèces de *Fusarium* sont connues comme produisant plusieurs mycotoxines, dont la fumonisine, la zéaralénone, le deoxynivalenol (DON ou la vomitoxine), le nivalenol, la toxine HT-2, et/ou la toxine T-2 sont souvent les plus importantes. On a observé une variation dans la capacité de produire des mycotoxines entre des souches de la même espèce.

² Parry, D.W., Jenkinson P., McLeod, L. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals - A review. *Plant Pathology* 44,207-238, 1995.

10. Les céréales sont très sensibles à certaines espèces de *Fusarium* qui produisent des mycotoxines au moment de l'anthèse (floraison) et entre l'anthèse et la maturation. Des pluies fréquentes et une forte humidité ainsi qu'une rosée dense durant la floraison et les périodes de remplissage des grains favorisent l'infection et le développement de maladies. Le temps plutôt que l'intensité des pluies, est le facteur le plus critique lorsqu'un inoculum suffisant est disponible³.

11. Les méthodes qui réduiront l'infection par *Fusarium* et la formation de toxines de *Fusarium* en champ et après la récolte peuvent différer en fonction du climat de la région et du type de culture. Toutefois, les mesures générales susceptibles de réduire l'infection fongique, comme celles décrites dans ALINORM 97/12A, Annexe IX, sont également applicables aux toxines de *Fusarium*⁴.

12. En lien avec l'infection par *Fusarium* et la formation de mycotoxines, certains facteurs de risque ont été identifiés, notamment: précipitation durant l'anthèse et pendant la période entre l'anthèse et la maturation, le renvoi de la récolte en raison du temps humide, l'utilisation de variétés sensibles, la rotation maïs/blé, un niveau élevé d'inoculum à partir de l'année précédente, la verse et le travail réduit du sol. Ces facteurs de risque varient d'une région à l'autre et d'une culture à l'autre. Toutefois, il a été démontré que le degré d'infection augmente fortement lorsque les facteurs de risque augmentent. Il faudrait donc réduire au minimum le nombre de ces facteurs.

Trichothécènes

13. Le deoxynivalenol, le nivalenol, la toxine HT-2 et la toxine T-2 appartiennent tous au groupe des trichothécènes, qui se compose d'un grand nombre de toxines fongiques différentes. Le deoxynivalenol est celui que l'on rencontre le plus souvent dans les céréales, tandis que la toxine HT-2 et la toxine T-2 sont les plus toxiques. La toxicité des trichothécènes est due en grande partie à leur capacité d'inhiber la synthèse des protéines. Des effets communs sont la diarrhée, des hémorragies, des lésions cutanées, ainsi que des effets immunosuppresseurs.

14. Les espèces de champignons responsables de la contamination par le deoxynivalenol sont principalement *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*, deux espèces fortement pathogènes pour les céréales. Des précipitations accrues et une forte humidité favorisent l'infection par ces espèces durant l'anthèse. Le nivalenol peut être produit par la même espèce, mais il est aussi formé par *Fusarium poae*. La toxine HT-2 et la toxine T-2 sont produites par *F. sporotrichioides* et quelques autres espèces de *Fusarium*. On connaît moins bien les conditions favorisant la formation de ces toxines, mais elles semblent différer quelque peu de celles concernant le deoxynivalenol.

Zéaralénone

15. La zéaralénone est également produite principalement par *F. graminearum* et *F. culmorum*. Toutefois, presque toutes les espèces de *Fusarium* pathogènes ont la capacité de produire la toxine. La zéaralénone et ses métabolites structurellement reliés affichent des activités œstrogènes et favorisent la croissance chez les animaux domestiques et de laboratoire. On a signalé dans de nombreux pays la présence simultanée de zéaralénone et de deoxynivalenol dans les céréales.

16. La zéaralénone peut être présente dans de nombreuses céréales comme le maïs, le blé, l'avoine, l'orge et le seigle. La production de toxines a lieu principalement en champ, mais elle peut aussi se produire après la récolte. D'après certaines études, des taux de contamination élevés peuvent être relevés dans le maïs ainsi que dans

³ Miller J. D. Epidemiology of *Fusarium* ear diseases of cereals. In: Miller J D and Trenholm H L (eds.) Mycotoxin in grain; Compounds other than aflatoxin. Eagan Press, St. Paul Minnesota , 1994, pp 19-36.

⁴ Code d'usages concernant la réduction de l'aflatoxine B₁ dans les matières premières et les aliments d'appoint destinés au bétail laitier (CAC/RCP 45-1997; Codex Alimentarius Volume 1A).

l'ensilage de maïs^{5, 6}. Les grains infectés peuvent être décolorés et ratatinés. Ils peuvent contenir de la zéaralénone, avec ou sans autres mycotoxines de *Fusarium*. Un grain ne présentant pas de symptôme peut être infecté par des espèces de *Fusarium* moins pathogènes qui produisent de la zéaralénone et/ou d'autres mycotoxines. Le séchage immédiat des céréales après la récolte et un entreposage correct peuvent empêcher la contamination par la zéaralénone. La sélection et la plantation de cultivars de céréales résistants aux espèces de *Fusarium* devraient être considérées comme un moyen pratique de contrôler la contamination par la zéaralénone. Il faudrait procéder à la mise au point de meilleures méthodes de triage et de méthodes quantitatives pour mesurer la zéaralénone et ses métabolites reliés structurellement dans diverses cultures céréalières.

Fumonisines

17. Les fumonisines sont une classe de mycotoxines identifiées récemment et produites principalement par *Fusarium verticillioides* [= *F. moniliforme*], *Fusarium proliferatum* et plusieurs autres espèces de *Fusarium* dans la section des Liseola. Ces toxines sont présentes presque exclusivement dans le maïs.

18. On a identifié au moins 12 analogues de la fumonisine⁷. On estime que la fumonisine B₁ (FB₁) et la fumonisine B₂ (FB₂), sont les analogues les plus abondants et les plus toxiques existant à l'état naturel⁸. Le rapport FB₁/FB₂ est approximativement 3:1 dans le maïs contaminé naturellement⁹.

19. On a démontré que la fumonisine B₁ a divers effets négatifs chez plusieurs types d'espèces sauvages, telles que la leucoencéphalomalacie chez les chevaux, l'œdème pulmonaire chez le cochon et la carcinogénèse hépatique chez les rats. Dans deux études à long terme effectuées chez les rongeurs, la fumonisine B₁ purifiée a provoqué le cancer des reins chez les rats et le cancer du foie chez les souris^{13,14}.

20. *F. verticillioides* est associé à la présence de la maladie à tous les stades du développement de la plante du maïs, infectant les racines, les tiges et les grains. Ce n'est pas seulement l'agent pathogène le plus commun du maïs, il est aussi présent chez les champignons les plus connus qui colonisent des plants de maïs sans symptômes¹⁵. Les soies de maïs peuvent être infectées par des conidies transportées par l'atmosphère provenant de résidus de récolte dans le sol.

⁵ Kuiper-Goodman, T., Scott P.M., and Watanabe, H. Risk assessment of the mycotoxin zearalenone. Regul Toxicol Pharmacol 7, 253-306, 1987.

⁶ Scudamore, K.A., and Livesey, C.T. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. J Sci Food Agric 77,1-7, 1998.

⁷ Musser, S.M and Plattner, R.D. Fumonisin composition in cultures of *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum*, and *Fusarium nygami*. J. Agric Food Chem. 45: 1169-1173, 1997.

⁸ Sydenham, E.W.; Shephard, G.S.; and Thiel, P.G. Liquid chromatography determination of fumonisins B₁, B₂ and B₃ in foods and feeds. J Assoc. Off. Anal. Chem. 75: 313-318, 1992.

⁹ Ross, P.F.; Rice, L.G.; Osweiler, G.D.; Nelson, P.E.; Richard, J.L.; Wilson, T.M. A review and up-date of animal toxicoses associated with fumonisin-contaminated feeds and production of fumonisins by *Fusarium* isolates. Mycopathologia 117: 109-114, 1992.

¹³ National Toxicology Program. 1999. Toxicology and Carcinogenesis Studies of Fumonisin B₁[CAS NO.116355-83-0] in F344/N Rats and B6C3F1 Mice. NTP Technical Report 496. National Institutes of Health Publication NO.99-3955, Research Triangle, North Carolina.

¹⁴ JECFA. Fifty-sixth meeting. Summary and Conclusions. Geneva, 6-15 February, 2001.

¹⁵ Munkvold, G.P. and Desjardins, A.E. Fumonisin in maize-Can we reduce their occurrence? Plant Disease 81(6):556-565, 1997.

21. L'étendue de la contamination du maïs par les fumonisines varie avec l'emplacement géographique, et le taux le plus élevé est le fait des régions les plus chaudes du monde^{16,17}. Les pratiques agricoles et le génotype du maïs jouent aussi un rôle en déterminant la sensibilité des plants de maïs à l'infection fongique et à la contamination consécutive du maïs¹⁸.

22. Les niveaux de fumonisine dans le maïs sont influencés par des facteurs environnementaux tels que température, humidité, stress dû à la sécheresse et l'intensité des précipitations avant et pendant la récolte; l'entreposage des grains de maïs récoltés dans des conditions d'humidité inappropriées peut entraîner une accumulation supplémentaire de fumonisines¹⁹.

23. On estime généralement que le niveau de fumonisine n'augmente pas durant l'entreposage tant que les grains se trouvent dans de bonnes conditions d'humidité et de température¹⁵. Le contrôle de la fumonisine dans le maïs est compliqué par l'existence de plusieurs populations à reproduction sexuée appartenant à la section *Liseola* de *Fusarium* que l'on trouve communément dans des plants de maïs ne présentant pas de symptôme. En outre, la production de fumonisine par des espèces de *Fusarium* autres que *F. verticillioides* dans la section *Liseola*, et par quelques espèces apparentées, complique la mise au point de cultivars de maïs résistants aux divers champignons produits par la fumonisine.

Ochratoxine A

24. L'ochratoxine A est une mycotoxine qui pose de graves problèmes pour la santé humaine dans certaines régions du monde. Elle est classée comme cancérigène possible chez l'homme²⁰, affecte le système immunitaire et est néphrotoxique. Normalement, environ 50-80% de l'ingestion moyenne d'ochratoxine A par le régime alimentaire vient des céréales^{21,22}, selon la région du monde et le régime alimentaire individuel. En outre, les céréales sont les principales composantes des régimes des animaux destinés à l'alimentation et les mycotoxines présentes dans les aliments du bétail influent directement sur la santé des animaux et indirectement sur la sécurité sanitaire des aliments.

25. Un grand nombre d'espèces fongiques produisent de l'ochratoxine A, en particulier dans les genres *Penicillium* et *Aspergillus*²³. Parmi ces champignons, seul *Penicillium verrucosum* est inmanquablement associé aux céréales, mais cela n'a été étudié que dans les pays nordiques. Deux espèces d'*Aspergillus* noir, *A. ochraceus* et des espèces apparentées produisent de l'ochratoxine A. Ces *Aspergilli* de couleur noire et ocre ont généralement été associés au café, aux raisins, aux épices et, beaucoup plus rarement, aux céréales. Toutefois, ces céréales sont des candidats probables pour la production d'ochratoxine dans les céréales dans les régions plus chaudes.

¹⁶ Shelby, R.A.; White, D.G.; Bauske, E.M. Differential fumonisin production in maize hybrids. *Plant Disease* 78:582-584, 1994.

¹⁷ Miller, J.D. Factors affecting the occurrence of fumonisin in corn. Abstracts of Papers (p.21) –International Conference on the Toxicology of Fumonisin. June 28-30, 1999. Arlington, VA.

¹⁸ Doko, M.B.; Rapior, S.; Visconti, A. and Schjth, J.E. Incidence and levels of fumonisin contamination in maize genotypes grown in Europe and Africa. *J Agric. Food Chem.* 43:429-434, 1995.

¹⁹ Bacon, C.W.; Bennett, R.M.; Hinton, D.M. and Voss, K.A. Scanning electron microscopy of *Fusarium moniliforme* within asymptomatic corn kernels and kernels associated with equine leukoencephalomalacia. *Plant Disease* 76(2):144-148, 1992.

²⁰ IARC Monographs on evaluation of carcinogenic risks to humans: some naturally occurring substances; food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins, Vol. 56:489-521, 1993.

²¹ Codex Alimentarius: CX/FAC99/14, Document de synthèse sur l'ochratoxine A.

²² European Commission, SCOOP-task 3.2.2. : Assessment of dietary intake of ochratoxin A by the population in EU member states, Report EUR 17523 EN (revised version), 1997.

²³ Friisvad, J.C. Revision of the taxonomy of *Penicillium* and *Aspergillus* species producing ochratoxin A. Personal communication, manuscript in preparation, 2000.

26. Les céréales entreposées peuvent être envahies par des champignons de stockage tels que *P. verrucosum*, quand elles ne sont pas correctement séchées; la croissance des champignons peut également se propager à partir de zones localement humidifiées. Des enquêtes menées dans des pays au climat tempéré, où *P. verrucosum* est le principal producteur d'ochratoxine A, montrent que la contamination par l'ochratoxine A est liée aux conditions de conservation après la récolte^{24,25,26,27}. La teneur minimale en eau pour que *P. verrucosum* se développe est de 16-17%. Pour la production d'ochratoxine A, la teneur en eau doit être d'environ 1% supérieure. On possède moins d'informations sur la production d'ochratoxine A par l'espèce *Aspergillus* sous les climats plus chauds, c'est-à-dire qu'on ignore si l'infection et la production de toxines commencent déjà au champ sur les végétaux encore sur pied.

27. Quant aux toxines de *Fusarium*, les pratiques qui réduisent la contamination par l'ochratoxine A peuvent différer selon le climat de la région et le type de culture. Toutefois, des mesures générales pour éviter l'infection fongique des cultures, telles que celles décrites dans ALINORM 97/12A, Annexe IX, seraient également applicables à l'ochratoxine A.

²⁴ Holmberg, T.; Breitholtz-Emanuelsson, A.; Haggblom, P.; Schwan, O. and Hult, K. *Penicillium verrucosum* in feed of ochratoxin A positive swine herds. *Mycopathologia* 116:169-176, 1991.

²⁵ MAFF/DH, Food Safety Information Bulletin No. 49:9, 1994.

²⁶ MAFF/DH, Food Safety Information Bulletin No. 57:14-15, 1995.

²⁷ Jonsson, N. and Pettersson, H. Evaluation of different preservation methods for cereal grain based on occurrence of moulds and mycotoxins (en suédois). JTI-rapport, Lantbruk och Industri Nr 263, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala, Suède, 1999.

AVANT-PROJET DE CODE D'USAGES EN MATIERE DE PREVENTION (REDUCTION) DE LA CONTAMINATION DES CEREALES PAR LES MYCOTOXINES

1. Il est impossible à l'heure actuelle d'éliminer totalement les mycotoxines des produits contaminés. L'élaboration et l'acceptation d'un Code d'usages général par le Codex fournira à tous les pays les mêmes conseils à prendre en considération quand ils essaient de contrôler la contamination par diverses mycotoxines. Afin que ce Code d'usages soit utile, les producteurs de chaque pays devront examiner les principes généraux qui y sont énoncés, en tenant compte des cultures, du climat et des pratiques agricoles locaux, avant de tenter d'appliquer les dispositions du Code. Il est important que les producteurs réalisent que les bonnes pratiques agricoles (BPA) représentent la première ligne de défense contre la contamination des céréales par les mycotoxines, suivie par la mise en œuvre de bonnes pratiques de fabrication (BPF) durant la manutention, l'entreposage, la transformation et la distribution des céréales destinées à l'alimentation humaine et animale.

2. Les recommandations pour la réduction des mycotoxines dans les céréales sont divisées en deux parties: les méthodes recommandées fondées sur les Bonnes pratiques agricoles (BPA) et les Bonnes pratiques de fabrication (BPF); un système de gestion complémentaire à examiner dans l'avenir est celui des principes HACCP: Analyse des risques – Points critiques pour leur maîtrise.

3. Ce Code d'usages général contient des principes généraux pour la réduction de diverses mycotoxines dans les céréales qui devraient être sanctionnés par les autorités nationales. Ces dernières devraient apprendre aux producteurs à tenir compte des facteurs environnementaux qui favorisent l'infection, le développement et la production de toxines dans les cultures céréalières sur l'exploitation. Il faudrait mettre l'accent sur le fait que la stratégie à suivre avant ou après la récolte pour une culture particulière dépendra des conditions climatiques de l'année donnée, en tenant compte des cultures locales et des modes de production traditionnels d'un pays ou d'une région donnée. Il est nécessaire de mettre au point des pochettes d'essai rapides, accessibles et précises et des plans d'échantillonnage associés qui permettront de tester des expéditions de céréales sans perturber inutilement les opérations. Des méthodes devraient être mises en place pour manipuler correctement moyennant le reconditionnement, le retrait ou le déroutement des cultures céréalières qui peuvent constituer une menace pour la santé humaine et/ou animale. Les autorités nationales devraient soutenir la recherche sur des méthodes et techniques propres à empêcher la contamination fongique en champ et durant la récolte et l'entreposage.

I. MÉTHODES RECOMMANDÉES FONDÉES SUR LES BONNES PRATIQUES AGRICOLES (BPA) ET LES BONNES PRATIQUES DE FABRICATION (BPF)

AVANT LA RÉCOLTE

4. Envisager la mise en place et le maintien d'un plan de rotation des cultures afin d'éviter de planter le même produit dans un champ durant deux années consécutives. Le blé et le maïs sont particulièrement sensibles à l'espèce *Fusarium* et ne devraient pas être utilisés en rotation l'un après l'autre. Des végétaux comme les pommes de terre, d'autres légumes, le trèfle et la luzerne qui ne sont pas des hôtes de l'espèce *Fusarium* devraient être cultivés en rotation pour réduire l'inoculum en champ.

5. Quand cela est possible et pratique, préparer un lit de semences pour les nouvelles cultures en labourant dessous ou en détruisant ou en enlevant les vieilles têtes à semences, les tiges et autres débris qui pourraient avoir servi ou pourraient servir comme substrats pour le développement de champignons producteurs de mycotoxines. Dans les zones qui sont exposées à l'érosion, des systèmes de culture sans labour peuvent être requis à des fins de conservation des sols.

6. Utiliser les résultats des analyses pédologiques afin de déterminer s'il est nécessaire d'appliquer des fertilisants et/ou des amendements afin d'assurer un pH approprié des sols et une bonne nutrition des plantes, de façon à éviter à ces dernières le stress, notamment pendant la période de développement des semences.
7. Utiliser, quand il en existe, des variétés de semences sélectionnées pour leur résistance aux moisissures et aux insectes parasites. Seules les variétés de semences dont l'emploi est recommandé dans une zone particulière d'un pays devraient être plantées dans cette zone.
8. Dans la mesure du possible, procéder aux semis de façon à éviter les températures élevées et la sécheresse pendant la période correspondant au développement ou à la maturation des semences.
9. Eviter les plantations trop rapprochées en respectant les espacements recommandés entre les rangées et entre les plants pour les espèces ou variétés cultivées. L'information concernant l'espacement peut être fournie par les producteurs de semences.
10. Réduire au minimum les dégâts causés par les insectes et par les infections fongiques au voisinage de la culture, grâce à l'application d'insecticides et de fongicides agréés et à d'autres pratiques appropriées dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre les ravageurs.
11. Lutter contre les mauvaises herbes à l'aide de méthodes mécaniques ou en appliquant des herbicides agréés et grâce à d'autres pratiques sûres et appropriées.
12. Eviter de provoquer des dégâts mécaniques aux plantes pendant le cycle de culture.
13. Si on pratique l'irrigation, s'assurer que l'eau est répartie de façon régulière et que chaque plante en reçoit une quantité suffisante. L'irrigation est une méthode valable pour réduire le stress causé aux plantes dans certaines conditions de croissance. Les précipitations excessives durant l'anthèse (floraison) favorisent la dissémination et l'infection par *Fusarium* spp.; aussi faudrait-il éviter d'irriguer durant l'anthèse et durant le mûrissement des végétaux, en particulier pour le blé, l'avoine, l'orge et le seigle.
14. Procéder à la récolte lorsque la teneur en eau des plantes est faible et qu'elles sont arrivées à pleine maturité, à moins qu'en laissant les cultures parvenir à leur pleine maturité, on risque de leur faire subir des conditions extrêmes de chaleur, de précipitations ou de sécheresse. Retarder la récolte de céréales déjà contaminées par l'espèce *Fusarium* peut causer une augmentation sensible de la teneur en mycotoxines de la culture.
15. Avant la récolte, s'assurer que tout l'équipement qui servira à la récolte et à l'entreposage des cultures, est fonctionnel. Un inconvénient durant cette période critique peut nuire à la qualité des grains et renforcer la formation de mycotoxines. Préparer les pièces de rechange dans l'exploitation de manière à ne pas perdre de temps pour les réparations. Vérifier que l'équipement nécessaire pour mesurer la teneur en eau est disponible et étalonné.

RÉCOLTE

16. Il faut nettoyer les céréales récemment récoltées afin d'enlever les grains endommagés et d'autres matières étrangères. Les grains contaminés mais sans symptôme ne peuvent être enlevés par des méthodes de nettoyage standard. Certains procédés de nettoyage permettent d'éliminer quelques grains contaminés. Il faut tenter de mettre au point des méthodes pratiques pour séparer les grains contaminés mais sans symptôme de ceux qui ne sont pas contaminés.

17. Les conteneurs (par exemple, wagons, camions) à utiliser pour la collecte et le transport des grains récoltés du champ jusqu'aux installations de séchage, et aux installations d'entreposage après le séchage, devraient être propres, secs et non infestés par des insectes, exempts de moisissures visibles avant l'utilisation et la réutilisation.
18. Durant l'opération de récolte, il est nécessaire de vérifier la teneur en eau en divers points de chaque charge de céréales récoltées, étant donné que la teneur en eau peut varier considérablement dans le même champ.
19. Dans la mesure du possible, on évitera de causer des dégâts mécaniques aux grains et le contact avec le sol durant l'opération de récolte. Des mesures seront prises pour minimiser la diffusion des têtes à semences, des balles, des tiges infectées et des débris sur le sol où les spores peuvent inoculer la récolte suivante.
20. Immédiatement après la récolte, déterminer la teneur en eau des céréales; le cas échéant, les faire sécher jusqu'au taux d'humidité recommandé pour l'entreposage. Les échantillons prélevés pour mesurer la teneur en eau devraient être représentatifs du lot autant que possible. Pour réduire la variation de la teneur en eau dans le lot, on peut transférer les céréales jusqu'à une autre installation (ou silo) après le séchage.
21. Il faudrait faire sécher les céréales de manière à réduire les dégâts au minimum et à maintenir des taux d'humidité plus bas que ceux requis pour favoriser la prolifération fongique durant l'entreposage (généralement moins de 15 %). Cela est nécessaire pour empêcher le développement ultérieur d'un certain nombre d'espèces de champignons qui peuvent être présents sur des céréales fraîches, en particulier l'espèce *Fusarium*.
22. Éviter d'empiler ou d'entasser des produits récemment récoltés pendant plus de quelques heures avant le séchage ou le battage, afin d'amoinrir les risques de prolifération fongique. Le séchage au soleil de certains produits dans un milieu très humide peut entraîner une infection par les moisissures. Aérer les denrées par une ventilation forcée.

ENTREPOSAGE

23. Il faut s'assurer que les installations d'entreposage comprennent des structures sèches, bien ventilées qui fournissent une protection contre les pluies, un drainage des eaux souterraines, une protection contre l'entrée des rongeurs et des oiseaux, et des fluctuations minimales de température.
24. Il faut faire sécher les céréales jusqu'à des teneurs en eau sûres et les faire refroidir aussi vite que possible après la récolte. Réduire au minimum la quantité de matières étrangères et de grains endommagés dans les céréales entreposées. Se reporter au paragraphe (cc) pour évaluer l'utilisation de pesticides agrées.
25. Si nécessaire, on surveillera le niveau de mycotoxines dans les céréales lorsqu'elles arrivent à l'entrepôt et lorsqu'elles en sortent, à l'aide de plans d'échantillonnage et d'essai appropriés.
26. Pour les denrées ensachées, s'assurer que les sacs sont propres et secs et les empiler sur des palettes ou intercaler une couche imperméable à l'eau entre les sacs et le sol.
27. Entreposer à une température aussi basse que possible correspondant aux conditions ambiantes, mais éviter les températures proches du point de congélation. Aérer si possible les céréales en faisant circuler de l'air dans la zone d'entreposage pour maintenir une température appropriée et uniforme dans toute cette zone. Contrôler régulièrement la teneur en eau et la température dans les céréales stockées durant l'entreposage.
28. Mesurer régulièrement la température des céréales entreposées. Une hausse de température de 2-3°C peut indiquer un développement microbien et/ou une infestation par les insectes. Séparer les parties apparemment infectées des céréales et envoyer des échantillons pour l'analyse. Ensuite, abaisser la température des céréales restantes et aérer. Éviter d'utiliser des céréales contaminées pour la production d'aliments destinés à la consommation humaine ou animale.

29. Utiliser de bonnes méthodes d'entretien afin de réduire au minimum la présence d'insectes et la formation de moisissures dans les entrepôts. On utilisera notamment des insecticides et des fongicides agréés appropriés ou d'autres méthodes adaptées. On prendra bien soin de choisir des produits chimiques qui n'influeront pas sur les céréales ni les endommageront, en tenant compte de l'utilisation finale prévue des céréales, et de les utiliser dans les quantités prescrites.

30. L'utilisation d'un agent de conservation agréé et approprié (par exemple des acides organiques tels que l'acide propionique) peut s'avérer utile dans la mesure où ces acides suppriment efficacement les moisissures et préviennent l'apparition de mycotoxines dans les céréales destinées uniquement à l'alimentation animale. Les sels des acides sont habituellement plus efficaces pour l'entreposage à long terme. Il faudra faire preuve de prudence car ces composés peuvent agir négativement sur le goût et l'odeur des céréales.

31. Documenter les méthodes de récolte et d'entreposage appliquées chaque saison en prenant note des mesures (par exemple température, teneur en eau et humidité) et de tout déroutement ou changement par rapport aux pratiques traditionnelles. Ces informations pourraient être très utiles pour expliquer la (les) cause(s) de la formation de moisissures et de mycotoxines durant une campagne particulière et permettraient d'éviter de répéter les mêmes erreurs par la suite.

TRANSPORT

32. Les conteneurs pour le transport devraient être secs et exempts de moisissures visibles, d'insectes et de toute matière contaminée. Selon les besoins, ils devraient être nettoyés et désinfectés avant et après l'emploi et être appropriés à la destination prévue. L'emploi de fumigants et d'herbicides pourrait être utile. Au moment du déchargement, il faudra vider le conteneur de tout son contenu et le nettoyer dans les règles.

33. On protégera les expéditions de céréales de tout surcroît d'humidité en utilisant des conteneurs couverts ou étanches ou des bâches. On évitera les fluctuations de température et les mesures qui pourraient provoquer une condensation à la surface des graines, ce qui pourrait conduire à la formation d'humidité localisée et favoriser l'apparition de moisissures et de mycotoxines.

34. Eviter la pénétration d'insectes, d'oiseaux et de rongeurs durant le transport en utilisant des conteneurs expressément conçus à cet effet et des traitements chimiques à action répulsive s'ils sont approuvés pour l'utilisation finale prévue des céréales.

II. UN SYSTÈME DE GESTION COMPLÉMENTAIRE À ENVISAGER DANS L'AVENIR

35. Le système de l'analyse des risques – Points critiques pour leur maîtrise (HACCP) est un système de gestion de la sécurité sanitaire des aliments qui sert à identifier et à maîtriser les risques durant la production et la transformation. Les principes généraux du système HACCP ont été décrits dans plusieurs documents^{28,29}.

36. Le principe HACCP est un système de gestion intégrée universel. Lorsqu'il est correctement mis en œuvre, ce système devrait déboucher sur une réduction du niveau des mycotoxines dans de nombreuses céréales. L'utilisation des principes HACCP comme système de gestion de la sécurité sanitaire des aliments présente de nombreux avantages par rapport à d'autres types de contrôle de la gestion dans certains secteurs de l'industrie alimentaire. Au niveau de l'exploitation, en particulier en champ, de nombreux facteurs qui influent sur la contamination des céréales par les mycotoxines sont liés à l'environnement, par exemple le temps et les insectes, et il est difficile, voire impossible de les maîtriser. En d'autres termes, les points critiques pour la maîtrise

²⁸ FAO. 1995. Application des principes du système de l'analyse des risques – Points critiques pour leur maîtrise (HACCP) dans le contrôle des produits alimentaires. Étude FAO Alimentation et nutrition n° 58. Rome.

²⁹ ILSI, 1997. A simple guide to understanding and applying the hazard analysis critical control point concept, ILSI Europe Concise Monograph series. 2nd edition, ILSI Europe, Brussels.

souvent n'existent pas en champ. Toutefois, après la récolte, on peut identifier ces points pour détecter les mycotoxines produites par les champignons durant l'entreposage. Par exemple, un point critique pour la maîtrise pourrait être au terme de l'opération de séchage et une limite critique pourrait être la teneur en eau/activité de l'eau.

37. Il est recommandé d'orienter les ressources de manière à ce qu'elles encouragent les Bonnes pratiques agricoles (BPA) avant la récolte et les bonnes pratiques de fabrication (BPF) durant la transformation et la distribution de divers produits. Un système HACCP devrait être fondé sur des BPA et BPF rationnelles.

38. Il est également recommandé de se reporter à l'Appendice du document Codex CAC/RCP 1-1969, Rév.3 (1997) "Système d'analyse des risques – Points critiques pour leur maîtrise (HACCP) et Directives concernant son application", avant d'envisager d'appliquer le système HACCP.

39. Il faudrait également étudier le manuel HACCP pour le contrôle des mycotoxines publié récemment par la FAO/AIEA³⁰.

40. A la troisième Conférence internationale sur les mycotoxines, qui a eu lieu en Tunisie en mars 1999, il a été recommandé en général d'incorporer dans les programmes de lutte intégrée contre les mycotoxines les principes HACCP pour la maîtrise des risques associés à la contamination par les mycotoxines des aliments destinés à la consommation humaine et animale³¹. La mise en œuvre des principes HACCP minimisera la contamination par les mycotoxines moyennant l'application de mesures préventives autant que possible dans la production, la manutention, l'entreposage et la transformation de chaque culture céréalière.

³⁰ HACCP Manuel for Mycotoxin Control. Joint FAO/IAEA Training and Reference Centre for Food and Pesticide Control, *sous presse*.

³¹ FAO. Prévenir la contamination par les mycotoxines. Alimentation, nutrition et agriculture No. 23, 1999. Division alimentation et nutrition, FAO, Rome.

APPENDICE 1

RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DES CÉRÉALES PAR LA ZÉARALÉNONE

MÉTHODES RECOMMANDÉES FONDÉES SUR LES BONNES PRATIQUES AGRICOLES (BPA) ET LES BONNES PRATIQUES DE FABRICATION (BPF)

1. Les bonnes pratiques agricoles comprennent des méthodes pour réduire l'infection par *Fusarium* et la contamination par la zéaralénone des céréales en champ et pendant la récolte, l'entreposage, le transport et la transformation.

AVANT LA RÉCOLTE

2. Se reporter aux paragraphes 4 à 15 dans le Code d'usages général.

3. Il faudra surveiller avant la récolte l'apparition de l'infection des épis de céréales par *Fusarium* durant la floraison, en procédant à un échantillonnage et en déterminant le degré d'infection par des méthodes microbiologiques standard. On déterminera également la teneur en mycotoxines dans des échantillons représentatifs prélevés avant la récolte. L'utilisation de la plante cultivée devrait être fondée sur la prévalence d'infection et la teneur en mycotoxines des grains.

RÉCOLTE

4. Se reporter aux paragraphes 16 à 22 du Code d'usages général.

ENTREPOSAGE

5. Se reporter aux paragraphes 23 à 31 du Code d'usages général.

TRANSPORT

6. Se reporter aux paragraphes 32 à 34 du Code d'usages général.

TRANSFORMATION

7. Les petits grains ratatinés peuvent contenir plus de zéaralénone que les grains normaux sains. Le vannage des grains au moment de la récolte ou par la suite permettra d'éliminer les grains ratatinés.

SYSTÈME DE GESTION DE LA ZÉARALÉNONE FONDÉE SUR LE SYSTÈME D'ANALYSE DES RISQUES – POINTS CRITIQUES POUR LEUR MAÎTRISE (HACCP)

8. Se reporter aux paragraphes 35 à 40 du Code d'usages général.

APPENDICE 2

RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DES CÉRÉALES PAR LES FUMONISINES

MÉTHODES RECOMMANDÉES FONDÉES SUR LES BONNES PRATIQUES AGRICOLES (BPA) ET LES BONNES PRATIQUES DE FABRICATION (BPF)

AVANT LA RÉCOLTE

1. Se reporter aux paragraphes 4 à 15 du Code d'usages général.

RÉCOLTE

2. Se reporter aux paragraphes 16 à 22 du Code d'usages général.
3. Il faudra prévoir avec discernement le moment de la récolte du maïs. Il a été démontré que le maïs qui s'est développé et a été récolté durant les mois chauds peut avoir une teneur en fumonisines beaucoup plus élevée que le maïs qui s'est développé et a été récolté durant les mois plus froids de l'année.

ENTREPOSAGE

4. Se reporter aux paragraphes 23 à 31 du Code d'usages général.

TRANSPORT

5. Se reporter aux paragraphes 32 à 34 du Code d'usages général.

SYSTÈME DE GESTION DES FUMONISINES FONDÉE SUR LE SYSTÈME DE L'ANALYSE DES RISQUES – POINTS CRITIQUES POUR LEUR MAÎTRISE (HACCP)

6. Se reporter aux paragraphes 35 à 40 du Code général concernant le système HACCP.

APPENDICE 3

RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DES CÉRÉALES PAR L'OCHRATOXINE A

MÉTHODES RECOMMANDÉES FONDÉES SUR LES BONNES PRATIQUES AGRICOLES (BPA) ET LES BONNES PRATIQUES DE FABRICATION (BPF)

AVANT LA RÉCOLTE

1. Se reporter aux paragraphes 4 à 15 du projet de Code d'usages général.
2. Durant la période précédant la récolte, parmi les facteurs qui pourraient influencer sur les niveaux d'ochratoxine A dans les grains récoltés, il faut citer les dégâts causés par le gel, la présence de champignons concurrents, des précipitations excessives et la sécheresse.

RÉCOLTE

3. Se reporter aux paragraphes 16 à 22 du projet de Code d'usages général.

CONSERVATION

4. Il faudrait faire sécher les grains autant que faire se peut avant la récolte en fonction du milieu ambiant et de l'état des cultures. S'il est impossible de récolter les grains lorsque l'activité de l'eau est inférieure à 0,70, les faire sécher jusqu'à ce que leur teneur en eau corresponde à une activité de l'eau de moins de 0,70 (teneur en eau inférieure à 14% dans les petits grains) aussi rapidement que possible. Pour éviter la formation d'ochratoxine A, commencer le séchage immédiatement après la récolte et utiliser à cet effet de préférence de l'air chaud. Dans les régions tempérées, lorsqu'un entreposage intermédiaire ou tampon est nécessaire en raison de la faible capacité de séchage, s'assurer que la teneur en eau est inférieure à 16 %, que la durée du stockage tampon est de moins de 10 jours et que la température est inférieure à 20 °C.

ENTREPOSAGE

5. Se reporter aux paragraphes 23 à 31 du projet de Code d'usages général.

TRANSPORT

6. Se reporter aux paragraphes 32 à 34 du projet de Code d'usages général.

SYSTÈME DE GESTION DE L'OCHRATOXINE A FONDÉ SUR LE SYSTÈME DE L'ANALYSE DES RISQUES – POINTS CRITIQUES POUR LEUR MAÎTRISE (HACCP)

7. Se reporter aux paragraphes 35 à 40 du Code d'usages général.

APPENDICE 4

RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DES CÉRÉALES PAR LES TRICHOTHÉCÈNES

MÉTHODES RECOMMANDÉES FONDÉES SUR LES BONNES PRATIQUES AGRICOLES (BPA) ET LES BONNES PRATIQUES DE FABRICATION (BPF)

AVANT LA RÉCOLTE

1. Se reporter aux paragraphes 4 à 15 du Code d'usages général.
2. Il ne faut pas laisser les grains mûrs sur le champ pendant longtemps, en particulier par temps froid et humide. En général, les toxines T-2 et HT-2 ne sont pas présentes dans les grains au moment de la récolte, mais peuvent apparaître dans les grains endommagés par l'eau dans le champ ou dans les grains qui deviennent humides au moment de la récolte ou durant l'entreposage.
3. Se reporter au paragraphe 3 de l'appendice 1.
4. Les céréaliculteurs devraient maintenir des relations étroites avec les groupes de négociants en céréales locaux. Ces groupes devraient être d'importantes sources d'information et de conseils en ce qui concerne le choix de produits phytosanitaires, de cultivars et de souches appropriés qui prendront en compte ceux résistants à *Fusarium* et sont disponibles sur place.

RÉCOLTE

5. Se reporter aux paragraphes 16 à 22 du Code d'usages général.

ENTREPOSAGE

6. Se reporter aux paragraphes 23 à 31 du Code d'usages général.
7. Voir paragraphe 6 de l'appendice 1.
8. Il faudra tenir compte du fait que les grains de céréales peuvent être contaminés par plus d'une mycotoxine de trichothécènes et leurs dérivés; des méthodes de triage simples et rapides devraient donc être disponibles pour l'analyse de plusieurs trichothécènes. La zéaralénone, qui n'est pas un trichothécène, est occasionnellement présente dans des céréales contaminées par DON et d'autres trichothécènes.

TRANSPORT À PARTIR DES ENTREPÔTS

9. Se reporter aux paragraphes 32 à 34 du Code d'usages général.

SYSTÈME DE GESTION DES TRICHOTHÉCÈNES FONDÉ SUR LE SYSTÈME DE L'ANALYSE DES RISQUES - POINTS CRITIQUES POUR LEUR MAÎTRISE (HACCP)

10. Se reporter aux paragraphes 35 à 40 du Code d'usages général.
-