

# Limiter le cumul des de risque au champ

**Différentes actions de prévention sont possibles pour limiter les teneurs en mycotoxines dans les grains. L'aide à la décision est opérationnelle pour le blé et en cours de réalisation pour le maïs.**

**La connaissance des champignons, la gestion des résidus de récolte selon le précédent, et le choix variétal constituent trois éléments clés pour réduire le risque mycotoxines.**

**I**l n'y a pas de fusarioxines sans *Fusarium*. Mieux appréhender la biologie des champignons (voir encadré 1) permet de connaître leur mode de dissémination et de limiter leur installation. La production des mycotoxines est modulée par le climat, la souche de champignon, et les stades de contamination. Différentes enquêtes sur des cultures de blé et de maïs ont abouti à l'identification de plu-

sieurs facteurs de risques, et à des outils d'aide à la décision pour mettre en place des actions de prévention. Les études concernent les mycotoxines faisant l'objet d'une réglementation (DON, zéaralénone et fumonisines pour les mycotoxines de champ).

### La grille de risque opérationnelle pour le blé

En blé, l'aide à la décision est opérationnelle. ARVALIS

- Institut du végétal travaille depuis 1999 avec différents partenaires. Deux mille parcelles ont été suivies avec la même méthodologie. Ces parcelles ont été choisies selon les facteurs présumés, elles ont fait l'objet d'un questionnaire, d'un échantillonnage à la récolte à raison de 3 prises de grains de 1 kg par parcelle. La préparation des échantillons est standardisée pour le dosage du DON par chromatographie.

La contamination en DON sur blé est multifactorielle. Le climat, surtout au stade épiaison/ floraison, joue un rôle essentiel, mais il n'est pas maîtrisable. En revanche, l'agriculteur peut agir sur d'autres facteurs. Les résidus de surface ont une importance toute particulière, par le précédent et le travail du sol qui a été réalisé. Viennent ensuite la variété, les traitements fongicides, puis les conditions de récolte. Un cumul de ces facteurs constitue un risque potentiel fort de mycotoxines.

Ces travaux ont abouti à la mise au point d'une grille de risque, étalonnée de 1 (risque très faible) à 6 (risque très élevé), établie à partir des niveaux de DON dans les 2000 parcelles étudiées (figure 1). Elle prend en compte les différents facteurs de risque à l'exception du climat. Elle reflète l'importance d'une approche globale et des mesures de prévention au champ.

Le niveau 1 signifie que le risque de dépassement du seuil de 1250 µg/kg est extrêmement faible. Au niveau 6, le risque est de voir environ 50 % des lots dépasser ce seuil de 1250 µg/kg. En fonction de ce risque agronomique, la grille permet de formuler des recommandations de protection fongicide.

**Le climat, surtout au stade épiaison/ floraison pour le blé, joue un rôle essentiel dans le développement des mycotoxines.**



# facteurs

## Mais : être prêt pour la campagne 2007

La grille de risque est opérationnelle pour le blé, celle du maïs doit l'être à la fin de l'année. Depuis 2003, ce sont 1000 parcelles qui ont été enquêtées selon la même

méthodologie. C'est à ce jour la seule étude à notre connaissance qui ait mené de front l'étude des trois mycotoxines DON, zéaralénone et fumonins dosées par chromatographie, et qui propose une première hiérarchie des facteurs de risque. ARVALIS-Institut

**Grille d'aide à la décision pour évaluer le risque agronomique du DON sur blé tendre (fig. 1)**

Système de culture		Sensibilité variétale	Risque
Céréales à paille, colza, lin, pois, féverole, tournesol	Labour	Peu sensible	1
		Moyennement sensible	1
		Sensible	2
	Non labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	2
		Sensible	2
Betteraves, pomme de terre, soja, autres	Labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	2
		Sensible	2
	Non labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	2
		Sensible	3
Maïs, sorgho	Labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	2
		Sensible	3
	Non labour	Peu sensible	4
		Moyennement sensible	5
		Sensible	6

Grille de diagnostic élaborée par ARVALIS - Institut du végétal 2005

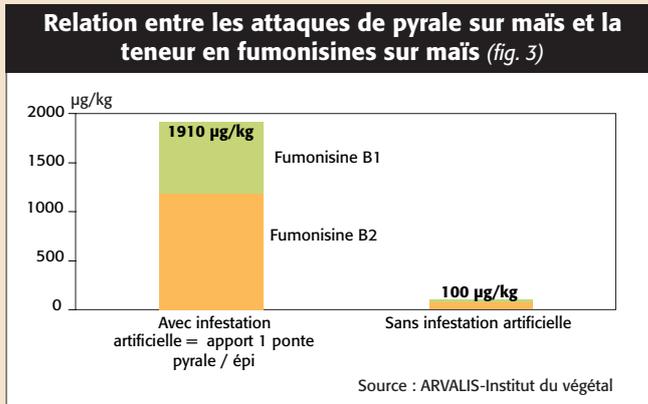
Étalonnée de 1 (risque faible) à 6 (risque fort), la grille de décision prend en compte les différents facteurs de risque et leurs interactions.

# La biologie des champignons

**A**u champ, les mycotoxines sont produites par des champignons parasites, les *Fusarium*, responsables de la fusariose des épis, sur blé et sur maïs. On retiendra deux principaux genres de *Fusarium* :

- *F. graminearum* (présent sur les deux espèces)
- *F. moniliforme* (présent uniquement sur le maïs).

*Fusarium graminearum* peut produire des trichothécènes B (DON) et de la zéaralénone. Il est favorisé par une température de 24-26 °C. Une forte humidité début floraison sur blé ou à l'émergence des soies sur maïs initie la maladie sur épis. La croissance du champignon sur maïs est favorisée par une forte pluviométrie en juillet-août. Température basse et exigence en eau rendent donc ce parasite plus présent en début d'été et en fin de saison sur maïs. Le champignon passe l'hiver sur les résidus de récolte. Le relèvement des températures au printemps permet sa réactivation ainsi que l'édification des organes de fructification et de dissémination produisant les ascospores contaminantes. Si l'humidité est suffisante, les ascospores mûrissent et les courants aériens les amènent sur l'épi. Sur maïs, la contamination se fait principalement par le canal des soies plutôt que par les insectes foreurs. Les 6 premiers jours sont les plus sensibles. Les fructifications apparaissent en mai-juin et mûrissent au cours



**La présence de pyrale multiplie par 20 la présence de fumonisines.**

de la saison pour produire des ascospores. Les ascospores sont éjectées dans l'air à la faveur d'une période humide, souvent la nuit. Les spores qui s'élèvent au dessus de la culture peuvent être retrouvées à plusieurs kilomètres. La contamination est également possible par les insectes.

Sur blé (figure 2), le phénomène est le même, mais il a lieu deux mois plus tôt. Le stade du blé le plus sensible est aussi très nettement la floraison, mais des infections peuvent encore avoir lieu jusqu'à des stades tardifs proches de la dessiccation. Les infections d'épis ont lieu majoritairement par les ascospores à partir des résidus.

*Fusarium moniliforme*, présent sur maïs, peut produire les fumonisines. Il est favorisé par une humidité à l'émergence des

soies, et un été chaud (30 °C) et sec. La pénétration dans l'épi se fait le plus souvent par les blessures des épis (grêle, insectes...). Les insectes foreurs (pyrale, sésamie, héliotis) représentent la voie d'entrée dominante. Ils peuvent par étapes transporter l'inoculum des résidus vers l'épi. La présence de foreurs et la teneur en mycotoxines sont fortement liées (figure 3). Les étés chauds permettant un renforcement de la 2<sup>e</sup> génération de pyrales augmentent les risques. La propagation de la maladie dans l'épi est ensuite accentuée par les fissures des grains. Le champignon se conserve dans les résidus de récolte sous forme de mycélium épaissi. À la floraison, les microconidies, spores de dissémination sont produites en très grand nombre et sont transportées des résidus vers les soies par le vent. Elles peuvent se disperser sur des parcelles distantes. Les macroconidies, moins nombreuses, et plus lourdes se dispersent plus difficilement. Cette voie d'infection est moins fréquente que pour *Fusarium graminearum* et moins importante que le relai par les insectes foreurs. L'infection peut également passer par les semences d'où le pathogène se propage à l'intérieur de la plante sans nécessairement que des symptômes apparaissent. La maladie du pied peut également conduire à cette propagation. Les larves des insectes foreurs peuvent véhiculer la maladie depuis cette source.

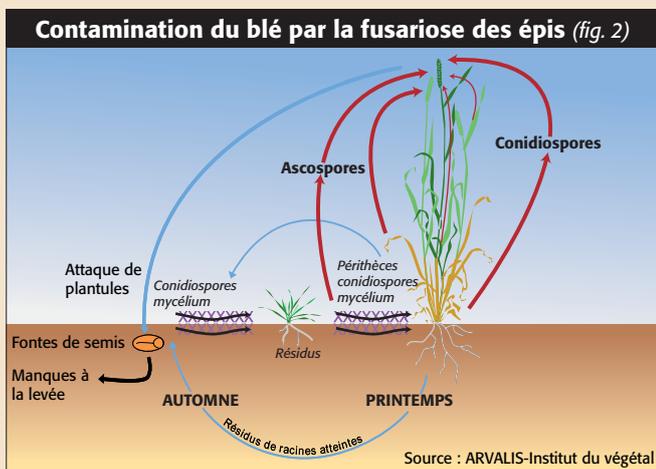


du végétal a en effet mis les bouchées doubles pour que les règles de décision pour le maïs soient prêtes avant les échéances réglementaires. Aborder ce champ nouveau, couvrir tous les aspects du problème, cela n'aurait pas été possible sans la mobilisation des 60 organismes stockeurs qui nous ont accompagnés - et stimulés- dans les enquêtes parcellaires. Pour le DON, 73 % des parcelles présentent des teneurs inférieures à 500 µg/kg, et seules 6 % des parcelles présentent des teneurs supérieures au seuil envisagé (1 750 µg/kg). Pour la zéaralénone, 80 % des parcelles ont des teneurs inférieures à 100 µg/kg, et 7 % dépassent le seuil de 200 µg/kg. Le résultat est moins bon pour les fumonisines: 65 % des parcelles sont en dessous de 1 000 µg/kg, et 22 % des parcelles dépassent le seuil envisagé de 2000 µg/kg.

Ces résultats ne sont pas le reflet de la collecte nationale, puisque le choix des parcelles est orienté selon les facteurs de risque.

Si des teneurs en DON élevées s'accompagnent le plus souvent de teneurs en zéaralénone élevées, la corrélation entre ces deux mycotoxines n'est pas très bonne. D'où l'intérêt de les étudier indépendamment.

Si l'on examine la relation DON-fumonisines (ou zéaralénone-fumonisines), il



**Les épis sont contaminés par les ascospores et les conidiospores produites dans les résidus de récolte.**



**Si la récolte du maïs a lieu après le 1<sup>er</sup> novembre, les concentrations de mycotoxines augmentent plus fortement.**

est très net qu'il y a indépendance entre les teneurs et que les parcelles hors normes le sont soit pour le DON (ou la zéaralénone), soit pour les fumonisines. Ces mycotoxines DON et zéaralénone d'un côté, fumonisines de l'autre, s'excluent.

Les facteurs de risque sont maintenant identifiés pour le DON et la zéaralénone. Comme pour le blé, le climat apparaît comme le premier facteur, suivi par la date de récolte, la gestion des résidus, la sensibilité variétale, et dans une moindre mesure, une hygrométrie excessive à l'automne et la présence de foreurs.

La date de récolte est un élément essentiel. Plus la récolte est tardive, et plus les teneurs sont élevées (figure 4). Le 1<sup>er</sup> novembre semble être la date limite à partir de laquelle les concentrations augmentent plus fortement.

Ce constat rejoint la préoccupation de décalage de cycle. La stratégie d'« évitement » (*Perspectives Agricoles n°321, mars 2006*) pourrait être un bon compromis technique et économique.

Pour identifier les autres facteurs de risque, et s'affranchir de l'effet date de récolte, la suite de l'étude

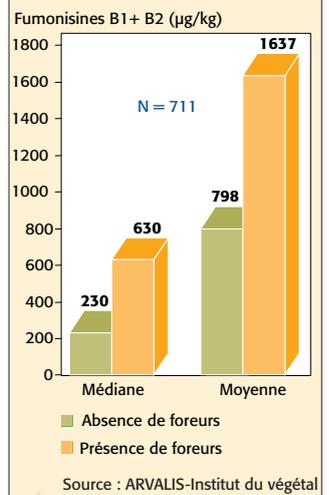
porte sur les parcelles récoltées avant le 1<sup>er</sup> novembre. Ainsi, la sensibilité variétale a pu être mise en évidence. Ce sont les parcelles des variétés identifiées comme les plus sensibles qui présentent les taux de DON et zéaralénone les plus élevés.

Enfin, concernant la gestion des résidus de récolte, les parcelles labourées et non labourées ont été comparées. Il apparaît que l'absence de labour a un effet négatif sur les teneurs tant en DON (valeur médiane de 307 contre 207 µg/kg en labour) qu'en zéaralénone (valeur médiane de 35 contre 18 µg/kg en labour). D'autre part, l'absence de broyage efficace des bas de tige a une incidence forte sur les teneurs en mycotoxines.

Pour les fumonisines, les facteurs de risques sont différents. Le climat post floraison joue un rôle primordial. Mais ce sont ensuite les insectes foreurs sur tige (pyrales, sésamies) et sur épis (pyrales de 2<sup>e</sup> génération, héliotis...) qui ont une influence (figure 5). Leur maîtrise est stratégique.

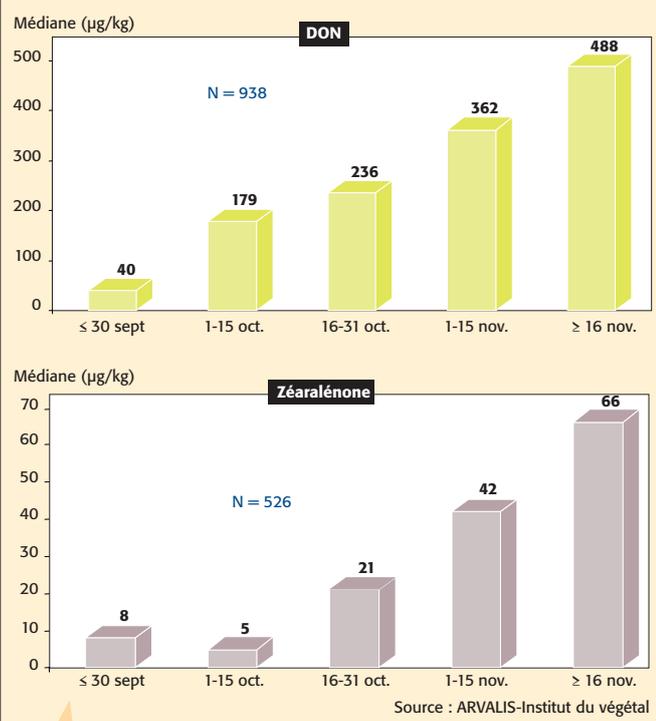
D'autres éléments sont également à prendre en compte : date de récolte, sensibilité variétale, stress hydrique (en post-floraison), hygrométrie élevée à l'automne, et dans une moindre mesure, les blessures sur épis, qui favorisent l'entrée du champi-

**Présence de foreurs et teneur en fumonisines sur maïs (fig. 5)**



**L**a présence d'insectes foreurs induit une plus grande sensibilité des plantes et accroît les taux de fumonisines.

**Teneurs en DON et zéaralénone en fonction des dates de récolte du maïs (fig. 4)**



**L**es dates de récolte tardives sont à éviter : la date limite à retenir est le 1<sup>er</sup> novembre.

gnon dans la plante. Les enquêtes parcellaires conduites depuis 3 ans, nous permettent d'ores et déjà de proposer un classement des facteurs importants, et des recommandations opérationnelles pour les agriculteurs et les organismes stockeurs (tableaux 1 et 2). L'étape suivante est de tester une grille de risque (et de décisions) comme celle existant pour le blé : ces tests sont en cours.

**Les insectes foreurs, comme la pyrale, favorisent l'entrée du champignon dans la plante, et donc la présence de mycotoxines.**



**Recommandations pour limiter les risques de DON et zéaralénone sur maïs au champ (tab.1)**

DON - ZEA	Facteur de risque	Recommandations
+++	Date de récolte et décalage de cycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>C'est le facteur primordial.</li> <li>Les dates des récoltes tardives et/ou les variétés très tardives semées tard sont à éviter: la date limite à retenir est le 1<sup>er</sup> novembre.</li> </ul>
++	Sensibilité variétale Non labour, absence de broyage de résidus	<ul style="list-style-type: none"> <li>C'est un facteur identifié, les variétés les plus sensibles surtout sont à éviter, ou à ne pas cumuler avec d'autres facteurs de risque.</li> <li>C'est un sujet complexe où les interactions des différents facteurs sont difficiles à démêler. Retenons que le labour, la qualité et la finesse de broyage des résidus sont importants pour préserver la qualité sanitaire.</li> </ul>
+	Présence de foreurs Hygrométrie excessive	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les foreurs, pyrale surtout (sur les épis) favorisent la présence des champignons, les parcelles à hygrométrie excessive favorisent l'expression des DON certaines années.</li> </ul>
Autres facteurs		<ul style="list-style-type: none"> <li>Chassons une idée reçue: la monoculture n'est pas défavorable à la qualité sanitaire.</li> </ul>

Source : ARVALIS-Institut du végétal, 2006



**La détermination des facteurs de risque pour les mycotoxines permet de mettre en place des actions de prévention.**

**L'importance du choix variétal**

La variété a été mise en évidence comme un facteur de risque dans la teneur en mycotoxines, tant pour le blé que pour le maïs. Pour le blé, selon les enquêtes régionales, l'effet variétal arrive en troisième plan après la nature du précédent et la gestion des résidus. Pour le maïs, l'effet variétal arrive après l'effet date de récolte pour DON et zéaralé-

none, et après la présence de foreurs pour les fumonisines. Cependant, la variété entre en interaction avec les autres facteurs.

Intégrée dans les critères de sélection, la résistance aux fusarioses fait aujourd'hui l'objet de recherches en génomique.

**Pour le blé**, les variétés font l'objet d'une note de résistance à la fusariose des épis lors de l'inscription au cata-

logue (note CTPS). Des essais spécifiques de post-inscription sont menés par ARVALIS-Institut du végétal pour enrichir les connaissances sur la résistance à la fusariose, en particulier ces dernières années où le CTPS n'a pas publié de notes ou des notes provisoires uniquement, et préciser la résistance à l'accumulation de DON (figure 6).

Bien que ces informations soient tardives et non ex-

haustives, il en ressort que les variétés sensibles à la fusariose des épis sont les plus contaminées en DON. Les variétés peu sensibles à la fusariose des épis sont celles qui présentent un risque moins élevé d'accumulation en DON. Cependant, la corrélation n'est pas absolue entre classement fusariose et classement DON. Par ailleurs, on note une forte interaction entre la variété et le milieu.

Les résistances sont de différents types: résistance à l'infection, résistance à la propagation, résistance à l'accumulation de DON. Elles sont attribuées à des mécanismes actifs, réactions de défense de la plante face à l'attaque des champignons, et des mécanismes passifs liés à des caractéristiques morphologiques (hauteur de la variété, la longueur du col de l'épi, la compacité des épis) qui limitent l'infestation des épis (on parle aussi d'évitement).

Des travaux sont en cours au niveau génomique sur la recherche de QTL (localisation des gènes sur les chromosomes), mais nécessitent d'être encore affinés pour

**Recommandations pour limiter les risques de fumonisines sur maïs au champ (tab.2)**

Fumonisinés	Facteur de risque	Recommandations
++++	Présence de foreurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>C'est le facteur principal de risque pour les fumonisines qui domine tous les autres.</li> <li>Ce sont surtout les 2<sup>es</sup> générations de pyrale présentes sur épis, les galeries de sésamie qui favorisent les mycotoxines.</li> <li>Toute intervention (broyage des résidus) ou traitement chimique de foreurs est indispensable dans les zones à risque</li> </ul>
++	Date de récolte et décalage de cycle Topographie, hygrométrie Sensibilité variétale Stress hydrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il est difficile de hiérarchiser ces facteurs comme pour les DON des dates de récolte avant le 1<sup>er</sup> novembre et des précocités adaptées à la date de semis, sont des précautions de base.</li> <li>Les parcelles de vallée à hygrométrie élevée sont à surveiller particulièrement.</li> <li>La sensibilité variétale (surtout pour les plus sensibles) joue.</li> <li>Les maïs mal arrosés ou ayant subi un stress hydrique marqué, sont plus vulnérables.</li> </ul>
+	Blessure des épis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toute atteinte physique à l'intégrité des grains est une porte d'entrée pour le champignon à l'origine des fumonisines: parasitisme, grêle, piqûres d'insectes.</li> </ul>
Autres facteurs		<ul style="list-style-type: none"> <li>La gestion des résidus a un effet indirect sur les foreurs donc positif.</li> <li>L'effet direct sur les champignons est plus difficile à mettre en évidence.</li> </ul>

Source : ARVALIS-Institut du végétal, 2006

**Note de résistance des variétés de blé aux fusarioses et au risque DON associé (fig. 6)**

Peu sensibles					
peu sensibles	7	MERCURY	ORNICAR	APACHE	RENAN
	6	(PARADOR)	CATALAN		
moyennement à peu sensibles	5	ANDALOU	RUNAL*	(HYBRED)	
		TROCADERO	SPONSOR*		
		SANKARA*	ATTLASS	AUBUSSON	SOISSONS*
moyennement sensibles	4	CEZANNE	PR22R28*		
		PYTAGOR	MENDEL	ACIENDA	ORATORIO*
sensibles	3	CHARGER	VIVANT	ORVANTIS*	
		AUTAN*	CAPHORN*	ISENGRAIN*	LANCELOT*
		SHANGO*	TOISONDOR		
		BASTIDE*	TREMIE		
Sensibles	2	ROYSSAC	(INOUI*)		

( ) : à confirmer \* : notes GEVES modifiées par ARVALIS-Institut du végétal  
Source : CTPS et ARVALIS-Institut du végétal, 2006

Des essais permettent de classer les variétés en fonction de leur résistance à la fusariose et à l'accumulation de DON.

Les analyses montrent une corrélation entre la note *Fusarium graminearum* et la teneur en DON.

déterminer plus précisément les gènes et les allèles qui interviennent dans la résistance.

Pour le maïs, les recherches sont moins avancées que pour le blé. Des symptômes de fusariose ont été constatés, avec des teneurs significatives en DON en 2002 et en fumonisines en 2003. Mais jusqu'alors, les critères de résistance à la fusariose des épis ne sont pas pris en compte par le CTPS pour l'inscription. Néanmoins, ils sont de plus en plus intégrés par les obtenteurs. L'objectif d'ARVALIS Institut du végétal est d'identifier les variétés sensibles. Ces études sont complexes, car tous les pathogènes se superposent et interagissent. On compte deux familles, plusieurs espèces, et différentes souches plus ou moins toxigènes de *Fusarium*.

240 variétés ont été testées dans des essais spécifiques dans des lieux favorisant les infections naturelles. De plus, les essais du réseau de post-inscription présentant des

symptômes font l'objet de notations depuis 2003. Les analyses montrent une corrélation à 64 % entre la teneur en DON et la note *Fusarium graminearum*.

Le travail a été étendu aux fumonisines, mais l'interprétation est moins aisée. En 2006, les analyses vont être approfondies. L'objectif est bien d'identifier, pour la campagne prochaine, les variétés présentant des sensibilités excessives au *Fusarium*. Les variétés dont la sensibilité présente un risque ne pouvant être rattrapé par une prévention agronomique doivent être écartées.

**De nouvelles offres de service**

La teneur en mycotoxines est liée à de nombreux facteurs, dont le climat est le plus important. Pour évaluer le risque avant la récolte et maîtriser la teneur en DON, ARVALIS - Institut du végétal a mis au point un outil d'aide à la décision qui permet une approche parcellaire ciblée. Ce diagnostic DON avant la récolte est accessible pour les organismes stockeurs, soit en valorisant le canal Farmstar avec un module en option, soit en valorisant les bases de données sur les pratiques culturales via Myco-LIS® Blé tendre. S'appuyant à la fois sur la grille de risque agronomique et sur les variables climatiques pertinentes, l'outil détermine un niveau prévisionnel de DON retranscrit à la parcelle en 4 niveaux : risque inférieur à 750 µg/kg, compris entre 750 et 1250 µg/kg, entre 1250 et 2000 µg/kg, et supérieur à 2000 µg/kg (le seuil se situant à 1250 µg/kg).

Myco-LIS® nécessite tout d'abord le recensement des pratiques agronomiques de la parcelle (précédent cultural, travail du sol, date de semis, variété). Le diagnostic agronomique permet ensuite d'affecter à chaque parcelle une classe de risque potentiel (de 1 à 6) et donne une information sur la période optimale de traitement fongicide. Les parcelles à risque accru pourront faire l'objet d'une surveillance renforcée pour

intervenir au bon moment. Au moment de la floraison, les données climatiques de l'année sont intégrées pour déterminer la classe de teneur en DON avant la récolte (4 niveaux).

La plus immédiate des valorisations de Myco-LIS® par les organismes stockeurs est d'adapter les plans de contrôle de la qualité sanitaire dans les cellules. Il permet en outre un contrôle ponctuel du stockage à la ferme, et, en fonction des débouchés, la gestion de la collecte avec orientation des bennes selon le niveau de teneur en DON ou encore l'adaptation de la stratégie de nettoyage. Finalement, il facilite l'envoi de messages ciblés de bonnes pratiques agronomiques auprès des agriculteurs concernés. Démarche simple à mettre en œuvre (centralisation des données en début de campagne, pas d'observation en cours de culture), Myco-LIS® anticipe en apportant des informations originales avant la récolte (avec un classement des parcelles selon leurs teneurs en DON) afin de faciliter la gestion de la qualité sanitaire et la collecte en temps réel. Par ailleurs, cet outil d'aide à la décision permet de justifier les choix en matière de gestion de la qualité sanitaire face aux clients. En outre, il représente une démarche globale de sensibilisation et d'amélioration de la qualité sanitaire, du champ au silo.



Climat, date de récolte, gestion des résidus, sensibilité variétale, sont les principaux éléments à prendre en compte pour estimer le risque DON et la zéaralénone sur maïs.

**La gestion des résidus de récolte**

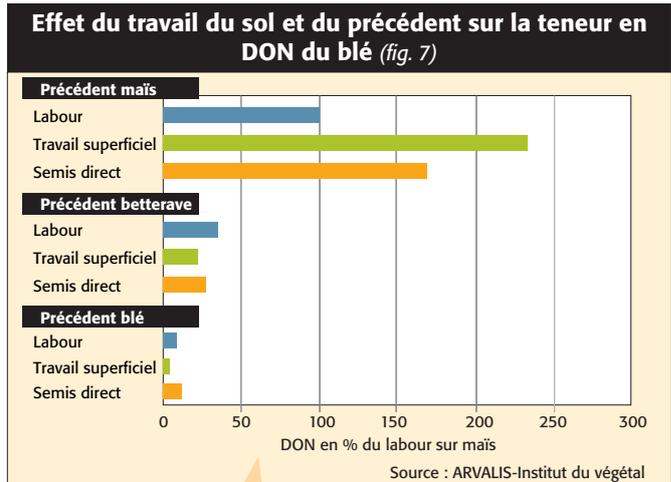
La gestion des résidus de récolte a été identifiée comme un facteur de risque important dans la contamination en mycotoxines. Un essai travail du sol de longue durée à Boigneville (91), confirmé par d'autres essais, montre l'interaction entre le travail du sol et la teneur en DON dans le cas d'un précédent maïs (figure 7).

Il y a donc un effet travail du sol, mais aussi un effet broyage, qui améliore la dégradation des résidus. Un broyage à l'automne permet d'obtenir des résidus fins, qui se dégradent bien (figure 8).

En blé, si, pour des raisons de diminution de coût et de

temps passé, les techniques sans labour se justifient, il faut compenser par un enfouissement précédé d'un broyage. En blé sur maïs, l'interculture réduite (parfois à une semaine) ne laisse pas le temps nécessaire à la dégradation des résidus. Dans ce cas, le semis direct est alors à proscrire. Dans tous les cas, le choix d'une variété peu sensible permet de limiter les risques.

En maïs, les fumisines sont essentiellement la conséquence de la présence d'insectes foreurs. Or, le travail du sol a un effet sur la présence des foreurs. Des essais réalisés entre 1993 et 1995 ont montré qu'en sésamie, le broyage a une efficacité de 50 à 95 %. Un rebroyage après le broy-



Un essai travail du sol de longue durée montre l'effet de la gestion des résidus sur le risque DON.

age sous bec permet de supprimer les bas de tiges intacts, qui sont des réservoirs d'inoculum de champignon et d'insectes.

Par ailleurs, une récolte précoce permet d'augmenter la période d'interculture, et favorise la dégradation des résidus. ■

**Décomposition des résidus de maïs et teneur en DON (fig. 8)**

DON (2003 + 2004) 100 % (référence)	DON (2003 + 2004) 116 %	DON (2003 + 2004) 212 %	DON (2003 + 2004) 329 %
Broyage Labour	Broyage Rotavator + semoir	Semavator	Huard SD
<b>En octobre</b>			
<b>En mars</b>			

Source : ARVALIS-Institut du végétal

Un broyage des résidus favorise nettement la dégradation des résidus pendant l'hiver. Les teneurs en DON mesurées sont d'autant plus élevées que les résidus sont mal dégradés.