

Table ronde de bilan et de prospective organisée au colloque scientifique sur « les progrès et perspectives de la recherche sur les mycotoxines de *Fusarium* des céréales »

Compte-Rendu

Fleurat-Lessard, Francis

*INRA UR 1264 Mycologie et Sécurité des Aliments, 71 avenue Edouard
Bourleaux, BP n° 81, 33883 Villenave d'Ornon Cedex – Mèl :
francis.fleurat-lessard@bordeaux.inra.fr*

Liste des intervenants et thèmes développés

Daniel Richard-Molard , MESR, Paris	Animation	Message d'ouverture et appréciation sur le déroulement du projet RARE fusariotoxines
Gilles Thévenet , Arvalis, Paris	Animation	
Roland Ernest Poms , ICC, Vienne, Autriche et Angelo Visconti , CNR Bari, Italia (1)	Exposé situation CT1 et CT2	Panorama des programmes de recherche internationaux en cours sur les mycotoxines des céréales et produits dérivés
Christian Barreau , INRA MycSA, Bordeaux	Exposé situation CT1 & CT3	Projets déposés récemment ou en cours au niveau national (ANR, CASDAR...)
Bruno Barrier , Arvalis, Boigneville	Discussion prospective CT1	Interactions tripartites : champignon, plante, conditions environnementales modulant la contamination mycotoxique
Thierry Langin , CNRS / IBP, Orsay	Discussion prospective CT1	Problèmes de génomique fonctionnelle dans la relation plante / pathogène
Sébastien Praud , Biogemma, Aubièrre	Discussion prospective CT1	Régulation des gènes intervenant dans la biosynthèse des

Colloque Fusariotoxines des Céréales – Arcachon - 11-13 septembre 2007
www.symposcience.org

		mycotoxines (DON)
Michel Rousset , INRA, Ferme Moulon	Discussion prospective CT1	Prise en compte du caractère toxinogène dans la sélection variétale pour la résistance aux maladies
Olivier Le Gall , INRA, Bordeaux	Discussion prospective CT1	Epidémiologie prévisionnelle des maladies des céréales potentiellement mycotoxinogènes
Philippe Michel , UIPP, Boulogne	Discussion prospective CT1	Optimisation des programmes phytosanitaires et systèmes d'aide à la décision
Catherine Peigney , GMP/IRTAC, Gennevilliers	Discussion prospective CT2	Gestion des risques de contamination des par les mycotoxines des produits des filiales
Joël Abecassis , INRA, Montpellier et Gilles Thévenet , Arvalis Paris	Discussion prospective CT2	Incidence de la contamination mycotoxique des matières premières de la transformation des céréales en aliments
Jean-Pierre Tillon , In Vivo, Paris	Discussion prospective CT3	Nouvelles approches pour la gestion des risques de contamination des aliments des animaux
Jean-Marc Frémy , AFSSA, Paris	Discussion prospective CT3	Rapports entre études toxicologiques et fixation des dispositions réglementaires
Pierre Galtier , INRA, Toulouse et Dominique Parent- Massin , UBO, Brest	Discussion prospective CT3	Nouveaux défis à relever en toxicologie des fusariotoxines
Daniel Richard-Molard , MESR, Paris et Francis Fleurat-Lessard , INRA Bordeaux	Message de fin	Clôture de la table ronde et du colloque

Daniel Richard-Molard (MESR, Paris)

Message d'ouverture

Daniel Richard-Molard est le représentant du ministère de l'enseignement et de la recherche (MESR) qui a permis l'existence et soutenu le projet « RARE fusariotoxines ». Il se déclare satisfait de constater que l'initiative du MESR de créer le Réseau RARE en 2002 pour le soutien à la construction et à la réalisation de projets intégrés, faisant intervenir tous les partenaires « parties prenantes », a été particulièrement bien concrétisée dans le consortium « RARE fusariotoxines ». En particulier, il a bien perçu dans les exposés du colloque de restitution l'existence d'une véritable dynamique qui a pu faire défaut à certains autres projets du réseau RARE, même s'ils ont pu atteindre un niveau scientifique remarquable (consortium sur la lipochimie, par ex.). Le MESR apporte une bonne appréciation sur ce projet et encourage tous les participants à publier leurs très nombreux résultats originaux présentés au cours de ce colloque. Il a apprécié l'effort de communication, d'information et de formation qui a été associé à la production des résultats des études et travaux du projet.

Avant d'aborder les orientations nouvelles à donner à ces recherches et de laisser les experts faire part de leurs idées de suite envisagées pour les différents thèmes couverts par le projet, il est fait un rappel succinct des questionnements prioritaires du projet rare fusariotoxines :

- Au niveau du champ, pourquoi il y a des mycotoxines et pourquoi il n'y en a pas ?
- Au niveau de la relation entre *Fusarium* et sa plante préférée, quel est le mode de liaison entre fusariose et mycotoxinogénèse ?
- Au plan de la toxicologie, quelle peut être la méthodologie à construire pour apprécier les effets toxiques des faibles teneurs, de la combinaison de mycotoxines différentes et des effets à très long terme, appréciation indispensable pour fixer les seuils réglementaires ?
- Avec les résultats originaux obtenus sur la ségrégation particulière des mycotoxines au moment du fractionnement du grain, quelle valeur ajoutée aux produits céréaliers peut-on envisager avec les partenaires industriels intéressés à développer tel ou tel résultat ?

Même si les préoccupations du MESR en matière de sécurité des aliments sont moins prégnantes par rapport à 2002-2003, les possibilités de poursuivre ce projet dans un nouveau cadre existent au niveau national :

- L'ANR détient maintenant les financements incitatifs pour soutenir les futurs programmes pour l'alimentation lancés en 2008 (ALIA = ALimentation et Industries Alimentaires).
- L'ANR financera également un programme blanc et des programmes thématiques en 2008 dans lesquels le thème mycotoxines peut concourir (ex. : Génoplante)
- L'AFSSA peut intervenir pour le co-financement de bourses doctorales

- Le CASDAR du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche dispose de crédits mobilisables pour harmoniser et mettre en cohérence les actions de l'ANR et de la Commission Européenne en relation avec le développement agricole
- Les régions se sont approprié des domaines d'excellence matérialisés par les pôles de compétitivité dont les acteurs de la R & D sont les entreprises des filières et les syndicats professionnels. Des pôles existent qui englobent la sécurité sanitaire des produits à base de céréales (ex. : pôle de compétitivité « Céréales Vallée » en Auvergne). Le Fond Unique Interministériel finance les projets de recherche et développement des pôles de compétitivité et il n'est pas très fortement sollicité.

Au niveau transnational et européen, des projets peuvent être déposés dans le programme trilatéral qui est une ouverture à l'Espagne et à l'Allemagne de la participation au programme Génoplante. Les projets présentés à ce programme peuvent agréger d'autres pays. Le thème mycotoxines a été affiché dans l'appel à propositions 2007 du programme trilatéral.

Au niveau européen, le 7^{ème} PCRD est moins orienté « sécurité des aliments » que le précédent. Mais le pôle 3.3 peut financer de très bons projets qui traiteraient encore de sécurité sanitaire des aliments.

Pour terminer cette entrée en matière, il faut construire de nouveaux projets sous la bannière « mycotoxines céréales », mais en prenant garde de bien les inscrire et les structurer dans une stratégie orientée vers le long terme (et le durable). Cette stratégie ce n'est pas à la recherche publique à l'élaborer : c'est l'affaire des grands groupes agro-alimentaires qui doivent dire très clairement ce qu'ils souhaitent sur le long terme.

Roland Poms (Secrétaire général « International Association for Cereal Science and Technology (ICC) », Vienne, Autriche) et **Angelo Visconti** (Directeur du Centre National de Recherches sur les toxines et mycotoxines, Bari, Italie)

Panorama des programmes de recherche internationaux sur les mycotoxines de céréales

La problématique « mycotoxines des céréales » est abordée dans quelques projets en cours de réalisation :

Le réseau d'excellence (Rex) **MoniQA** (site : www.moniqa.org). Il s'agit d'un projet du FP¹6 visant l'amélioration des méthodes et procédures analytiques pour le contrôle de la qualité des aliments et la sécurité sanitaire tout au long de la chaîne de transformation des aliments. Ce réseau organise la collaboration de 20 pays qui se sont lancés dans l'harmonisation au niveau international des méthodologies et protocoles de contrôle de la qualité et de la sécurité des aliments. Le but de cette harmonisation est de créer de la valeur ajoutée pour les opérateurs de la filière agro-alimentaire et d'améliorer la confiance des

¹ Framework Programme for Research and Development of the European Communities Commission

consommateurs. Le projet intègre l'évaluation de l'impact socio-économique de cette harmonisation pour améliorer l'efficacité de l'application des nouvelles dispositions réglementaires sur la qualité et la sécurité alimentaire.

Ce projet qui réunit 33 institutions coordonne l'activité de 155 chercheurs (dont 40 doctorants) et il est prévu pour durer 5 ans à partir de février 2007 (financement CE : 12,3 millions €). Il est organisé en groupes de travail thématiques correspondant aux 6 groupes de contaminants ciblés (ex. : biotoxines et mycotoxines, allergènes, contaminants chimiques ...). Chaque groupe de travail aborde les mêmes thèmes pour chaque contaminant, qui vont de l'échantillonnage à la traçabilité.

Ce projet coordonné par Roland Poms est en prolongement direct de projets européens antérieurs dont il doit harmoniser les résultats et les bases de données afin d'améliorer les approches modernes de la sécurité sanitaire des aliments au niveau mondial (fig. 1).

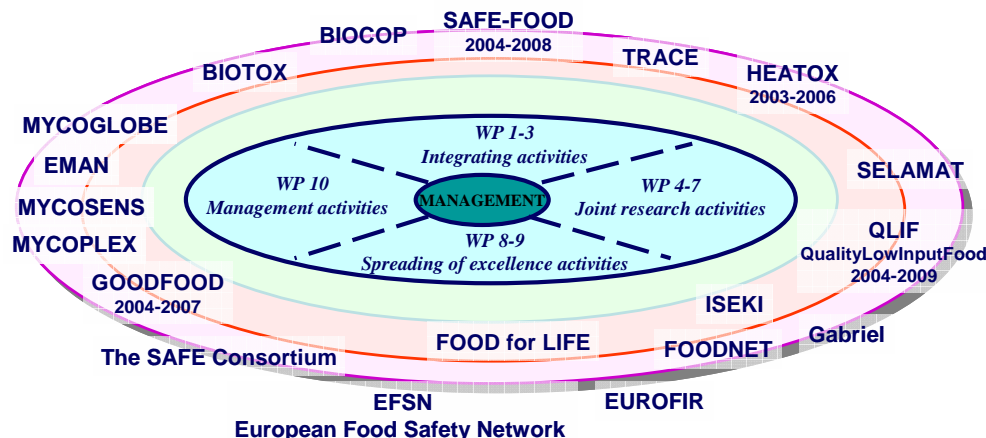


Figure 1 : Lien du projet MoniQA avec les autres projets européens qui l'ont précédé (FP5 ou FP6).

L'autre grand projet qui concerne les mycotoxines est le projet « **Mycoglobe** » coordonné par A. Visconti (<http://www.mycoglobe.ispa.cnr.it>). Ce projet se termine à la fin septembre 2007 et il est chargé d'exploiter les résultats de plusieurs projets de recherche européens concernant le domaine des mycotoxines et des toxines fongiques réalisés dans le cadre des 5^{ème} et 6^{ème} PCRD. Il a pour objectif de soutenir, d'orienter et de faciliter la participation scientifique et la coopération des différents pays européens et des pays tiers (pays en développement inclus) dans les projets intégrés de recherche et de développement sur les mycotoxines. Ce projet touche à sa fin et un nouveau projet en prolongement a été déposé au 2nd appel à propositions du FP7 en septembre 2007.

Parmi les autres projets européens encore en cours de réalisation on peut également citer :

- **Safe Foods** (Promotion de la sécurité des aliments en développant des approches intégrées d'analyse des risques ; WP 2 : détection précoce des risques émergents)

associés à la production des aliments pour l'homme et les animaux ; étude de cas sur le DON dans le pain traditionnel ou issu de blé biologique).

- **BioCop** (nouvelles technologies pour le criblage des multicontaminations chimiques dans les aliments ; WP 10 : DON, T-2, HT-2, biocapteurs électrochimiques)

Dans le FP7, un projet récent vient d'être accepté : **CONFIDENCE** (détection bon marché et rapide des contaminants des aliments de l'homme et des animaux pour le contrôle de l'exposition ; WP 4c : développement d'un test bandelette multicontaminant pour DON, fumonisines, zearalénone, T-2 et HT-2, combinés dans des matrices de différentes céréales ou d'aliments à base de céréales, destinés à l'homme ou aux animaux). Ce programme est la suite du projet BioCop ; il est en première phase et il peut y entrer de nouveaux partenaires associés dans le projet définitif à déposer.

Un autre projet dans lequel les mycotoxines sont concernées, est financé par l'Agence de Normalisation des Aliments (Food Standard Agency, **FSA**) qui porte sur l'amélioration des méthodes analytiques des TCT A (T-2 et HT-2) dans les céréales (blé, maïs, orge et avoine) et les aliments dérivés (céréales de petit déjeuner, pain, biscuits, pâtes, baby-food et snacks). Un nouvel appel à propositions de la FSA porte sur le « *Développement de méthodologies réduisant l'occurrence des mycotoxines dans la chaîne alimentaire* ».

Le Comité Européen de Normalisation (**CEN**) a validé un projet portant sur la détermination des teneurs en FB1 et FB2 dans la nourriture des jeunes enfants (dans les produits transformés à base de maïs) pour se conformer au règlement CE 1881/2006.

Au niveau italien, il existe un programme appelé **Sigrad**, intégralement concentré sur la filière blé dur – semoule – pâtes, et qui doit concevoir un système intégré d'intervention pour les pouvoirs publics dans la filière, notamment pour améliorer la sécurité sanitaire ou de traçabilité, comme la résistance à la fusariose (FHB) des variétés de blé dur cultivées en Italie.

Parmi les nouveaux projets déposés en réponse aux appels à propositions du FP7, quatre d'entre eux concernent les mycotoxines :

- **KBBE-2007-2-5-05** : réduction des contaminations mycotoxiques dans les filières des aliments de l'homme et des animaux (LSICP² – tiroir : Action de coopération internationale spécifique).
- **MtoxControl** : maîtrise des mycotoxines dans les pays en développement à bon ratio efficacité sur coût – Amélioration des moyens d'existence des producteurs et des échanges commerciaux (R. Poms coordinateur).
- **Mycored** : Nouvelles stratégies multidisciplinaires pour la réduction des contaminations mycotoxiques des aliments de l'homme et des animaux au niveau mondial (Projet Intégré ; coordinateur : A. Logrieco, Bari, Italie)
- **Qualidur** : Outils de production de blé dur de qualité en Europe (coordinateur : R. Poms). Ce projet vise entre autres à identifier de nouvelles sources de résistance dans le groupe « *durum* » pour les transférer aux variétés de blé dur cultivées en Europe.

² Large Scale Integrated Collaborative Project

Colloque Fusariotoxines des Céréales – Arcachon - 11–13 septembre 2007
www.symposcience.org

Enfin, Il existe un réseau d'information sur les mycotoxines en Europe accessible sur internet : Eman (www.mycotoxins.org).

Question posée par la salle : quelles sont les possibilités de rejoindre les projets en cours quand on n'y est pas déjà ?

Réponse : Dans les projets MoniQA et Mycored, il y a encore des possibilités de s'intégrer en tant que « partenaire associé » avant le dépôt du projet complet (2^{ème} phase).

Christian Barreau (INRA MycSA, Bordeaux)

Projets déposés récemment ou en cours au niveau national

Un projet déposé récemment début 2007 à l'ANR « **Barsafe** » a été validé. Il concerne la filière orge de brasserie et sa protection contre les contaminations par les TCT A (T-2 toxines produites par *Fusarium langsethiae* et d'autres espèces fusariennes productrices de TCT A). Le projet est coordonné par l'IFBM (Institut récemment intégré dans une **UMT**³ dont les recherches portent sur les « **mycotoxines émergentes de l'orge** de brasserie, du champ aux produits finis et coproduits») en partenariat avec l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

Le projet « **Monimaize** » a été déposé à l'ANR (Génoplande) et porte sur les interactions entre le champignon producteur de fumonisines sur maïs (*Fusarium verticillioides*) et la plante hôte (maïs). Il associe les équipes de recherche sur les mycotoxines de Biogemma, Arvalis et de l'INRA (Bordeaux et Grignon). Ce projet abordera la relation hôte/ pathogène par une approche génomique (métagénomique sur la flore de l'épi, utilisation de mutants ...) couplée à l'approche biochimique qui a été déjà développée dans le projet RARE fusariotoxines. Les partenaires associés dans ce nouveau projet, en continuation directe du projet RARE fusariotoxines, sont Biogemma, Biotransfer et l'équipe mycotoxines de l'INRA MycSA à Bordeaux.

Au niveau régional, il faut rappeler l'existence du **GIS « Qualis »** qui réalise un projet soutenu par le Conseil Régional d'Aquitaine sur la qualité sanitaire des aliments dans lequel le volet mycotoxines du maïs occupe une place importante. En Bourgogne, il existe aussi le pôle de compétitivité interrégional « Vitagora », pôle d'innovation « goût nutrition santé » dont le projet « **Farine +** » a été labellisé par l'état. Ce projet coordonné par Dijon-Céréales (autres partenaires : Eurogerm et groupe Elancia) propose des recherches pour la mise en place de méthodes de caractérisation des variétés de blé en fonction de leur potentiel nutritionnel et sensoriel. Bien qu'à la marge du programme principal, les aspects contaminants sont implicitement inclus dans ce domaine de R & D.

DRM : La parole est maintenant aux experts qui vont nous parler de leurs envies de projets futurs et à qui l'on a demandé de réfléchir aux domaines où il faut absolument construire de nouveaux projets en prolongement direct du projet « RARE fusariotoxines ». Dans l'ordre logique, nous allons commencer par les questions de recherche concernant la production

³ Unité mixte technologique regroupant l'IFBM, l'INPL/ENSAIA de Nancy et le SRPV de Lorraine.

avec Bruno Barrier-Guillot d'Arvalis (co-animateur du champ thématique 1 du projet «RARE fusariotoxines »).

Bruno Barrier-Guillot (Arvalis – Institut du végétal, Boigneville)

Interactions tripartites : champignon, plante, conditions environnementales modulant la contamination mycotoxique

Avec les conclusions du projet RARE comme point de départ de la réflexion, ces interactions pèsent un poids très lourd dans la modulation du niveau de contamination du grain par les mycotoxines au moment de la récolte. La compréhension des interactions entre les différents compartiments : biologie du champignon, réactions de la plante, effets des pratiques agronomiques nécessite de se pencher sur chacun de ces compartiments séparément :

Au niveau de la **mycoflore de l'épi**, dans le projet RARE fusariotoxines il y a eu des avancées importantes sur les outils d'identification des espèces du genre *Fusarium*, ainsi que pour la caractérisation des souches plus ou moins productrices. La question que l'on peut se poser aujourd'hui est la suivante : comment évolue la mycoflore dans le temps et dans l'espace dans un champ et quels sont les effets des facteurs agro-environnementaux sur cette évolution de la mycoflore. On a constaté qu'il y avait des changements de fréquence des espèces rencontrées sur plusieurs années avec des tendances durables (ex. : la progression des contaminations de l'orge par des espèces de *Fusarium* productrices de TCT A). Quels sont les facteurs principaux qui provoquent cette évolution (compétition entre espèces fongiques, pression fongicide, type de tolérance variétale, changement de pratiques culturales) ? Les éléments explicatifs de cette évolution restent à trouver.

Au niveau des **réactions de la plante** à l'infection et à la toxinogénèse, le « démontage » des mécanismes a mis en évidence l'importance des acides phénoliques (*in vitro*). Il va de soi que l'étape suivante consistera à vérifier que ces facteurs de modulation de la biosynthèse des TCT sont bien actifs au moment de la contamination et de l'invasion des tissus du grain par les différentes espèces de *Fusarium*. Il faut absolument savoir à quel moment le champignon va commencer à produire des mycotoxines dans le grain et à quel moment il va rencontrer les acides phénoliques. Une fois ces mécanismes de réduction de la biosynthèse validés *in planta* sur une gamme étendue de variétés et de souches de *Fusarium* à potentiel toxigène et chémotype différent, il faut s'assurer qu'il existe une variabilité génétique suffisamment large dans les variétés pour pouvoir sélectionner sur ce caractère conférant une résistance à la toxinogénèse.

Au niveau de l'**impact des facteurs agro-environnementaux**, on a bien progressé au cours des dernières années. Sur l'inoculum qui est le premier facteur de risque « fusariose » à considérer, il a été montré que la présence de résidus était un facteur clé de l'infection fongique. Mais, qu'en est-il de la variabilité du pouvoir infectieux de l'inoculum selon la variété (sensible ou tolérante à la fusariose) sur les résidus de laquelle le champignon se développe et fructifie ? La coïncidence entre la période de sporulation de *Fusarium* correspond-elle toujours à la période de réceptivité de la plante à l'infection (compte tenu des résultats atypiques rencontrés en 2007, des données nouvelles sur ce point pourraient

éclairer certaines situations qui ne sont pas « dans la moyenne » des années précédentes). La dynamique de développement du champignon au niveau des tissus de l'épi et du grain peut interférer avec le cultivar, ce qu'il faudra tenter de relier aux différences de composition entre les variétés cultivées. Il conviendra de vérifier que les variétés (à créer) qui vont cumuler les QTL à effet additif sur la résistance à la fusariose et à la toxinogénèse conservent leurs qualités agronomiques (rendement), technologiques (aptitudes à la transformation) et sensorielles (odeur et goût de l'aliment).

Thierry Langin (CNRS Orsay, Institut de Biotechnologie des Plantes)

Problèmes de génomique fonctionnelle dans la relation plante / pathogène

La recherche à poursuivre en génomique devrait établir la relation entre le développement de la maladie et la production des mycotoxines. Ce lien entre les deux aspects du risque à gérer est indispensable pour que les travaux sur le développement des résistances à la fusariose et à la toxinogénèse n'aillent pas à l'encontre de l'objectif recherché : en voulant éliminer l'agent pathogène, il se peut que l'on favorise les souches responsables de peu de symptômes mais fortement mycotoxinogènes.

La génomique fonctionnelle de l'interaction plante / pathogène a fait un saut qualitatif au cours des deux dernières années. Ainsi, la 1^{ère} séquence complète et annotée de *Fusarium graminearum* a été publiée. On dispose de tous les outils pour faire de la génomique fonctionnelle sur *Fusarium* (ex. : fabrication de mutants) à haut débit : transcriptome, protéome, métabolome (avec le « confort » pour interpréter les résultats).

La communauté scientifique française doit s'intégrer dans les réseaux qui s'organisent pour exploiter cette information :

- En premier lieu, les avancées du projet RARE sur le **contexte des situations de modulation de la production des trichothécènes** par le stress oxydant, les acides phénols ou le pH, doivent être maintenant exploités en utilisant des outils à haut débit pour générer beaucoup de gènes candidats dans un premier temps. Dans un second temps, il faut passer du haut au bas débit pour interpréter le rôle de ces gènes candidats dans la modulation de la toxinogénèse. Pour ce faire, il faut s'intégrer dans une communauté de chercheurs ayant une complémentarité de compétences et qui se réunisse autour d'une interaction forte, faisant intervenir de multiples disciplines, depuis l'écophysiologie jusqu'aux niveaux moléculaires les plus fins, pour interpréter ces facteurs responsables de la production de mycotoxines.

- Sur le 2nd aspect (déjà évoqué) de la microflore de l'épi, celle-ci est structurée, complexe et organisée en biofilm. Il s'agit du 1^{er} rempart que *Fusarium* rencontre pour coloniser l'épi avant de se développer dans les tissus du grain. Cette microflore est composée de microorganismes avec des activités enzymatiques intéressantes (pouvant détoxifier les mycotoxines, par ex.) et qui peuvent s'avérer antagonistes de *Fusarium*. La **structure et la composition de cette microflore** peuvent être abordées avec les outils de la métagénomique. Il faut comparer la microflore de l'épi sain et de l'épi contaminé et voir les interactions en fonction de la variété.

- La 3^{ème} piste est la compréhension des fonctions et des contextes qui peuvent moduler la production des toxines sur blé, maïs, orge, qui sont des plantes où on ne dispose pas de la totalité des ressources génétiques possible. Pour surmonter cette limitation, il peut être envisagé de **travailler sur des espèces végétales modèles**, infectables par *F. graminearum*, comme *Arabidopsis* ou le riz (pour lesquelles on connaît la totalité du génome et les fonctions des gènes). Les hypothèses venant de l'espèce modèle peuvent être validées ensuite sur les espèces d'intérêt (ex. : le QTL « non espèce-dépendant » de résistance à la toxinogénèse que Marc Lemmens a présenté dans son introduction est présent chez *Arabidopsis*). Comme on dispose aussi de la totalité des séquences du génome de *F. verticillioides* (pas encore complètement annoté), la génomique comparée entre espèces de *Fusarium* peut aussi être envisagée.

Pour résumer : à partir des contextes d'interaction plante / *Fusarium* qui ont été définis dans le projet « RARE fusariotoxines » comme limitant la toxinogénèse (on sait ce qui se passe dans le grain formé), on devrait pouvoir utiliser ces approches pour générer des informations permettant de déduire un nombre raisonnable de gènes candidats. Il faut essayer de monter ce type de programme en 2008, par ex. dans Génoplante « élargi » et autour de *F. graminearum*.

Sébastien Praud (Biogemma, Aubière)

Régulation des gènes intervenant dans la biosynthèse des mycotoxines (DON)

La recherche permettant de sélectionner de nouvelles sources de résistance répond à la double question : **qu'est-ce qui induit et qu'est-ce qui régule l'intensité de la toxinogénèse ?** J'ai tiré deux exemples des présentations de résultats du projet « RARE fusariotoxines » qui répondent en partie à ces questions : i/ la réduction de l'expression des gènes de la voie de biogénèse par les acides phénoliques sur le blé (Boutigny et al.) ii/ la variété '*Frontana*' détoxifie le DON produit par le champignon (Lemmens). De plus, les nouvelles techniques de quantification du DON sont d'un grand intérêt pour le suivi de QTL sur des populations assez grandes.

De quelles connaissances a-t-on besoin pour sélectionner pour la résistance à la toxinogénèse ?

1. Sur les gènes qui vont détoxifier les mycotoxines et limiter leur transport dans les tissus du grain ;
2. Sur les facteurs de limitation de la biosynthèse chez le champignon.

L'approfondissement de ces deux axes peut se faire à travers l'étude de la variabilité de l'expression de ces gènes avec la quantification de leur effet *in planta* sur le niveau de résistance. Cela a été fait aux Etats-Unis et au Canada mais seulement en utilisant comme source principale de résistance '*Sumai 3*' qui est une lignée chinoise (ce qui limite la variabilité génétique).

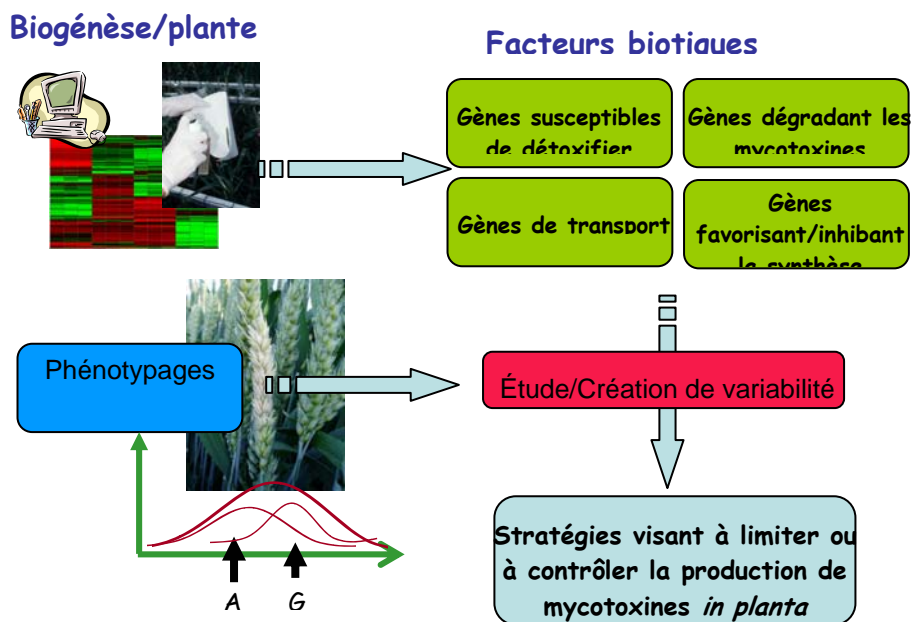


Figure 2 : Principaux gènes d'intérêt pour la sélection de variétés de blé tolérantes à la fusariose et réduisant les possibilités de mycotoxinogénèse chez les espèces du genre *Fusarium*

La nouvelle stratégie à développer consisterait à utiliser d'autres gènes de résistance que ceux présents dans 'Sumai 3' (qui « inactivent » le DON ou sa production) pour identifier la variabilité et créer une plus grande variabilité par mutation (ex. : la modification du gène *Rpl3* provoque une résistance à la production de DON) ou transgénèse (ex. : la sur-expression du gène *Asc-1* entraîne une résistance à la production des toxines AAL et FB1) pour aider le sélectionneur à augmenter le niveau de résistance de ces plantes, tant pour l'orge, le blé que pour le blé dur. Au niveau de l'impact sur la mycoflore, des études anglaises sur la protection phytosanitaire ont montré que l'élimination de *Microdochium nivale* laisse le champ libre à *Fusarium graminearum* pour produire ses mycotoxines (les mycotoxines renforcent l'agressivité des champignons nécrotrophes ?). Il y a un intérêt évident à **étudier le contrôle de la biogénèse in planta** en relation étroite avec le contrôle du champignon (fig. 2).

DRM : A-t-on déjà tenté de faire des *EST* sur la relation *Fusarium* / blé, heure par heure, sur toute la période de sensibilité à l'infection ?

Th. L. : Ces approches ont été réalisées il y a quelques années. Mais, la qualité des sondes dépend de la qualité du matériel qui a servi à les fabriquer et les cinétiques de l'interaction

Fusarium / blé déjà publiées sont grossières et peu informatives. Maintenant on dispose d'outils plus puissants et plus performants.

Michel Rousset (INRA Orsay, Institut de Biotechnologie des Plantes)

Prise en compte du caractère toxigène dans la sélection variétale pour la résistance aux maladies

Pour le généticien sélectionneur qui va faire de l'amélioration variétale, il lui faut de la diversité génétique. Dans la sélection variétale pour la résistance aux maladies cryptogamiques des céréales, on a surtout travaillé sur les symptômes (sur l'épi et sur le grain). Un grand nombre de gènes ont été étudiés ce qui a donné un grand nombre de QTL identifiés en relation avec la résistance à la fusariose de l'épi. Ce travail de recensement de gènes et de recherche de diversité génétique pour la résistance à la maladie est à poursuivre (y compris sur la diversité génétique interspécifique), pour le blé tendre et le blé dur.

La question essentielle sur laquelle il reste vraiment à creuser est celle de la relation symptômes / production réelle (ou pas) de mycotoxines. On a vu que la relation est parfois bonne, mais elle peut être aussi médiocre. La question que se pose le sélectionneur est celle du **déterminisme génétique de la synthèse des mycotoxines**, lequel est de mieux en mieux connu. Par contre on ne connaît presque rien de la génétique de la résistance à l'accumulation des mycotoxines dans le grain, pour la part de variabilité indépendante des symptômes et de la teneur finale en toxines dans le grain. Même si l'on a identifié dans la variété '*Frontana*' un mécanisme de détoxification du DON, il n'y a pas de travaux en sélection sur la réduction de la biogenèse des mycotoxines qui est un point essentiel aujourd'hui. Le sélectionneur commence à sélectionner sur les symptômes et ensuite il va regarder dans son matériel vis-à-vis de la production réelle de toxines. Pour avancer dans ce domaine, il y a eu quelques pistes intéressantes comme la proposition de nouvelles variétés tolérantes à la fusariose avec les QTLs de '*Sumai 3*'. Ce nouveau matériel sera très utile pour l'étude des relations hôte / pathogène et pour l'interprétation du rôle des gènes qui interviennent dans la modulation de l'intensité de la toxigenèse, que Thierry Langin a évoqué.

Une question importante reste pour l'instant sans élément de réponse : quel va être l'impact de la diffusion en culture de variétés ayant intégré des résistances importantes à la fusariose et à la toxigenèse, comme celles de '*Sumai 3*' ?

DRM : Cette question pourrait être le point de départ d'un projet de recherche de la « Céréales Vallée » ?

Pierre Roumet (INRA Montpellier, Amélioration des Plantes) : Dans l'étude des interactions génotype / phénotype, des méthodes rapides d'estimation des teneurs en DON dans les grains plus performantes sont indispensables pour une progression rapide dans les processus de sélection pour la résistance à la toxigenèse.

Olivier Le Gall (INRA, Chef du Département de Santé des Plantes et Environnement)

Epidémiologie prévisionnelle des maladies des céréales mycotoxinogènes

La recherche dans le projet « RARE fusariotoxines » sur les étapes de la production des mycotoxines jusqu' au grain, a nécessité un continuum de compétences à mettre en phase, ce qui a été bien réalisé dans le projet. Les questions à traiter concernaient un vaste champ thématique : Comment l'inoculum s'installe sur la culture ? Comment il s'installe dans le grain ? Et, comment il exprime (ou n'exprime pas) la toxine. En accord avec les propos de Thierry Langin, il existe maintenant des outils nouveaux et beaucoup plus performants d'étude des interactions hôte / pathogène, ce qui pourrait permettre une compréhension plus complète des ces interactions à moyen terme.

Il faut aussi étudier l'expression du phénotype de 2 façons différentes : - les symptômes et – le niveau de production de la toxine.

L'INRA a ces compétences là en recherche et il parait indispensable de conserver le réseau existant et de consolider les relations avec tous les partenaires que le consortium a réunis sur ce projet des mycotoxines de *Fusarium*. Il faut même l'**enrichir à l'interface hôte / *Fusarium* avec un rapprochement avec les généticiens du blé**. Des compétences fortes sont développées à Clermont-Ferrand (pôle de compétitivité « Céréales Vallée »). Sur le plan de l'épidémiologie, il faut absolument comprendre ce qui gouverne les énormes variations rencontrées au niveau de la parcelle, avec le phénomène des « hot spots » de quelques dizaines de m² dans lesquels la contamination est anormalement élevée, par rapport au reste du champ où la contamination reste faible à insignifiante. Et, il faut aussi le faire à l'échelle temporelle.

Pour ce qui concerne le maïs et l'interférence de la contamination avec l'attaque des insectes foreurs, il n'a pas été abordé les apports éventuels du maïs OGM anti-pyrale dans le projet « RARE fusariotoxines ». Mais, un poster qui rapporte des études (hors projet) sur cette possibilité de réduction du risque de contamination par les fumonisines est présenté.

Philippe Michel (UIPP, Boulogne)

Optimisation des programmes phytosanitaires et systèmes d'aide à la décision

Dans le contexte général actuel, on a beaucoup parlé de qualité sanitaire des récoltes de céréales (en référence aux nouveaux seuils réglementaires fixés pour les teneurs limites en mycotoxines). Mais, les stocks de céréales sont en baisse sensible au niveau mondial et il ne faut pas perdre de vue l'enjeu quantitatif, qui est primordial en matière de protection phytosanitaire des céréales.

Par rapport à la protection des cultures et l'aide à la décision, quelques points importants sont à souligner pour replacer la protection par rapport à l'ensemble des facteurs qui interviennent dans la maladie à contrôler. L'origine multifactorielle de la contamination par les mycotoxines est un point très important pour la résolution des problèmes sur le terrain. La solution doit impérativement correspondre à une vision partagée par les différents intervenants. La gestion globale du risque de contamination doit intégrer les quatre facteurs qui expliquent la majeure partie de la variabilité de la teneur finale en mycotoxines des grains : i/ la rotation culturale (assolement) qui conditionne le précédent cultural ; ii/ les pratiques culturales (avec ou sans labour) ; iii/ les variétés (sensibles ou pas) ; iv/ le programme fongicide. La protection phytosanitaires n'est qu'un des facteurs agronomiques contribuant à cette solution de la contamination des céréales par *Fusarium* et par ses mycotoxines. Elle englobe la protection fongicide en priorité (qui concerne l'ensemble du cycle de la culture et pas seulement la fusariose, en incluant la protection des semences), mais aussi la protection insecticide pour le maïs en particulier.

En matière d'aide à la décision, 4 outils majeurs ont été développés au cours de ces dernières années :

- La cartographie des espèces de *Fusarium* et *Microdochium* recensées chaque année sur l'ensemble des terres cultivées en céréales à paille ;
- L'entretien et l'enrichissement continu des bases de données sur le « risque fusariose » à la parcelle
- L'enregistrement des données climatiques ayant une incidence sur la prévision des niveaux de contamination
- La prévision des risques sanitaires et des niveaux de contamination par les mycotoxines à la récolte avec des modèles enrichis chaque année de nouvelles références.

Des outils analytiques complémentaires sont venus récemment s'inscrire dans un raisonnement global intégrant prévention, prévision et intervention.

En matière de recherches à poursuivre, la réduction de la production des mycotoxines n'est qu'un paramètre parmi d'autres. Des progrès sur les substances actives, sur les biotechnologies (voir poster) ont un rôle à jouer dans les solutions de maîtrise du « risque mycotoxines ». Les travaux futurs devraient aborder en priorité : i/ les interactions entre espèces fongique et en particulier les espèces fusariennes en « compétition » ; ii/ le raisonnement des itinéraires culturaux ; iii/ les moyens de prévention et de gestion du risque ; iv/ les solutions pour éliminer (détoxifier) les mycotoxines présentes.

Gilles Thévenet (direction scientifique Arvalis-Institut du Végétal, Paris)

Conclusions sur bilan et prospective pour le CTI

Il faut imaginer ce qui rendra demain différent d'aujourd'hui parce que l'on a tous ces nouveaux résultats issus du projet « RARE fusariotoxines ». L'intérêt du programme « RARE fusariotoxines » sera démultiplié si l'on arrive à **donner une dimension opérationnelle à tous les résultats qui ont été acquis** dans l'objectif affiché au départ de maîtrise de la contamination des céréales par les mycotoxines de *Fusarium*. Cela renvoie

aux interventions de Michel Rousset et Sébastien Praud sur la sélection de nouvelles variétés plus tolérantes à la fusariose et limitant la production des mycotoxines. Comment faut-il s'y prendre pour intégrer de la meilleure façon possible ces résultats et ces connaissances nouvelles dans les procédures d'inscription de nouvelles variétés « résistantes » dans le catalogue français des variétés ?

Joël Abecassis (INRA, UMR Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, Montpellier) (*intervention rédigée présentée par Gilles Thévenet*).

Incidence de la contamination mycotoxique des matières premières de la transformation des céréales en aliments

Les résultats du CT2 ont montré que les toxines se retrouvaient au cœur du grain d'une part, et qu'elles n'étaient probablement pas fortement liées aux structures. On a observé une tendance à l'accumulation dans les particules fines dans le cas de procédés de fragmentation par voie sèche, de même qu'une percolation dans la phase aqueuse pour les procédés par voie humide.

Pour diminuer les niveaux de contamination des produits de transformation intermédiaire, on peut envisager de **reconsidérer les procédés de transformation** qui ont été conçus à une époque où ces connaissances n'étaient pas disponibles. Le projet RARE fusariotoxines a montré qu'il existait des marges de progrès pour le ré-engineering des procédés, permettant de limiter la dissémination des toxines dans les produits obtenus avec les procédés actuels. Ce ré-engineering doit s'accompagner de la mise au point de nouveaux outils : - pour le pilotage des procédés (méthodes rapides) et – pour la caractérisation spécifique et la microlocalisation des toxines et des champignons dans le grain et les produits transformés. Ces approches nécessitent des connaissances supplémentaires et leur formalisation sur les mécanismes de dissémination, à la fois dans le grain au champ et, sous l'effet des procédés, jusqu'à l'aliment fini.

Les procédés de décontamination par voie chimique, par voie physique ont été étudiés dans le projet RARE fusariotoxines, mais il reste à évaluer le potentiel des procédés par voie biologique (notamment pour les aliments finis). Mais, quel que soit le procédé, il va falloir étudier le devenir et la toxicité des métabolites, ainsi que la connaissance de leurs effets sur la santé humaine et animale. Ceci prend une acuité encore plus grande dans le cadre des recommandations nutritionnelles sur les produits plus complets (avec intégration de fractions riches en enveloppes). Cet ensemble de mesures permettrait de pouvoir **répondre aux problématiques des toxines émergentes**. La conception de nouveaux procédés permettrait une meilleure fragmentation des produits et la mise au point de produits nouveaux à faible risque de contamination par les mycotoxines.

Catherine Peigney (Présidente de l'IRTAC, NutriXo, Paris).

Gestion des risques de contamination par les mycotoxines des produits des filières

Les bénéfices attendus de l'application des résultats des recherches récentes du projet RARE fusariotoxines sont principalement : i/ des possibilités d'intervention sur la contamination le plus en amont possible ; ii/ de nouvelles pistes pour la sélection variétale et iii/ l'utilisation de méthodes rapides de détection et de dosage des teneurs en fusariotoxines, avant utilisation des céréales pour la transformation en aliment. Des recherches seraient à poursuivre pour la maîtrise la plus complète possible des risques de contamination des produits finis (aliments à base de céréales) dans les domaines suivants : i/ le développement de véritables méthodes rapides de dosage (ex. : spectroscopie IR sur grain entier) à des coûts raisonnables ; ii/ les composés « naturels » inhibiteurs de la biosynthèse des toxines et iii/ L'approfondissement des données et résultats d'études toxicologiques, épidémiologiques et d'enquêtes sur les niveaux de contamination des céréales françaises par les fusariotoxines qui ont servi de base à la réglementation.

Pour illustrer ces connaissances restant à approfondir, je vais vous faire part des difficultés que nous avons rencontrées dans l'interprétation des résultats des études menées sur les blés de la récolte 2007. En effectuant la comparaison des résultats de transfert des mycotoxines (modèle DON) du blé aux produits de mouture, on s'aperçoit avec les blés de 2007 que les coefficients de transfert des mycotoxines du grain vers les différents produits issus de la mouture varient beaucoup plus que ceux des années précédentes (qui restaient assez stables d'une année à l'autre). **La situation de 2007 est « atypique » et pose des questions aux scientifiques** : en fonction des régions, des variétés, des incidences climatiques sur la récolte, pourquoi la diffusion des toxines dans le grain a été différente en 2007 ? Pourquoi la dissémination du DON dans les produits de fractionnement du grain est-elle différente ? Est-ce que l'année 2007 est atypique ou est-ce que cela se reproduira dans les années qui viennent ? Ce sont autant de questions à creuser qui auront probablement des répercussions sur la réglementation (basée seulement sur les résultats 2000-2006).

Jean-Pierre Tillon (Direction scientifique Union In Vivo, Paris).

Gestion des risques de contamination des aliments des animaux

Le groupe in Vivo représente 300 coopératives et a une activité sur l'ensemble de la filière production – collecte – commercialisation. Pour un groupe comme le nôtre, le problème des mycotoxines dans les filières céréales est à repenser dans un contexte plus général : - de qualité des productions et – de contraintes commerciales pour le marché. Dans un contexte qui a duré jusqu'en 2006, avec des prix du blé peu élevés, on a parlé des mycotoxines en termes « sécuritaires » en faisant un prix « *premium* » pour les lots conformes à la réglementation sur la qualité et la sécurité ; c'est-à-dire une politique d'incitation à la qualité. Ce « jeu » est en train de se compliquer sous deux influences :

1. Le prix élevé du blé aujourd'hui entraîne des comportements spéculatifs, ce qui fait s'interroger sur l'intérêt à porter toujours autant d'attention aux mycotoxines et sur le bien-fondé des dépenses de prévention des risques imposées aux producteurs de blé. La question que l'on se pose est la suivante : est-ce qu'il vaut mieux laisser filer les choses sachant qu'il y aura toujours un client pour acheter les lots (même avec un risque que certains soient hors limites). Si ce n'est pas le meunier, ce sera l'alimentation animale et maintenant ce sera l'amidonner qui acceptera ces lots « à faibles intrants en protection phytosanitaire ». Le véritable problème c'est de réaliser un bilan économique global qui prouve que de lutter contre les mycotoxines, ça rapporte de l'argent globalement pour l'ensemble des acteurs de la filière (prenant en compte les effets de seuil, les expertises, les analyses de référence ...). Il faut donc pour poursuivre le projet « RARE fusariotoxines » **introduire d'urgence une dimension économique aux démarches et nouveaux projets** envisagés dans cette suite.

2. En relation avec le « Grenelle de l'Environnement » et l'écoconditionnalité (synonymes : 'self reliance' ou développement durable), on commence à parler à propos des biocarburants, du contenu et de l'impact en termes de développement durable de nos productions de céréales. Il ne faut pas se trouver demain dans une situation avec des céréales sans mycotoxines qui soient un désastre au point de vue écologique (c'est un peu la même question qui se pose à propos du développement de cultures d'OGM). Cette question qui peut ne plus avoir de sens quand on aura tous les éléments de réponse dans 10 ou 15 ans, mérite réflexion. Si demain, on nous demande des bilans énergétiques, il ne faudrait pas que le coût des mesures engagées pour réduire les risques de contamination par les mycotoxines nous entraîne en dehors des critères de développement durable.

Je me fais le relais des professionnels pour demander de **recontextualiser la recherche sur les mycotoxines aujourd'hui pour qu'elle soit moins tournée vers la sécurité** - même si celle-ci reste une priorité absolue – et plus focalisée sur un « discours » d'ensemble, connecté à la réalité économique des stratégies nouvelles à faire adopter par les producteurs. Sinon, les producteurs ne feront rien pour la maîtrise des risques de contamination.

DRM : Un point qui a son importance suite à ce conseil : il y a en ce moment une renégociation de la PAC et la politique qui prévaut dans cette renégociation rejoint l'idée d'une stratégie de soutien aux productions agricoles plus globale, moins prégnante sur les questions de sécurité des aliments (comme cela a déjà été évoqué au début).

Jean-Marc Frémy (AFSSA, Maisons Alfort)

Rapports entre études toxicologiques et fixation des dispositions réglementaires

La question que je me suis posée est : comment peut agir l'AFSSA ; comment l'AFSSA peut participer au prolongement et à l'élargissement des programmes sur les mycotoxines (auxquelles sont associées les phycotoxines dans le groupe de travail de l'AFSSA) ?

L'AFSSA ne peut pas lancer d'appel d'offre de programmes de recherche. Elle a ses programmes de recherche pour ses laboratoires, qu'elle soutient de façon ciblée et en

finançant des bourses doctorales. Il y a environ 30 doctorants au total avec des bourses co-financées par l'AFSSA, soit environ 5-6 bourses nouvelles par an. Compte tenu du domaine extrêmement vaste de la sécurité sanitaire des aliments couvert par l'AFSSA, on comprend aisément qu'il ne peut pas être consacré une bourse par an aux seules mycotoxines.

L'AFSSA peut agir directement auprès de l'Autorité de Sécurité Sanitaire des Aliments et au niveau des comités scientifiques de l'ANR où elle participe à la définition des champs thématiques prioritaires à inscrire dans l'appel à projets annuel. Elle est représentée au comité européen de normalisation (CEN) pour la mise au point de méthodes de dosage des mycotoxines. Elle peut agir indirectement par le biais de ses rapports et de ses recommandations qui sont publiées sur un site Internet officiel. Sur ce site, l'AFSSA donne des informations et des données (qui tombent dans le domaine public et peuvent être utilisées, diffusées et exploitées par tous en faisant référence à l'AFSSA) qui peuvent servir à orienter les programmes scientifiques en projet. Sur les mycotoxines et les phycotoxines, l'auto-saisine de l'AFSSA à la suite des nombreuses questions que se posaient les professionnels et les consommateurs concernés, a permis de faire progresser les connaissances indispensables pour fixer les nouvelles dispositions réglementaires au cours des 4 dernières années (ce programme mycotoxines et phycotoxines se termine en décembre 2007). Par le biais du site de l'AFSSA, il est possible de réagir positivement en « rebondissant » sur les recommandations pour y **faire des suggestions de sujets de recherche à inclure dans le nouveau programme sur les mycotoxines et les phycotoxines** qui fera suite à l'actuel, à partir de 2008 (par ex. : suivre les pistes évoquées à la restitution des travaux du CT3 sur les effets toxiques spécifiques des fusariotoxines). On peut citer par exemple la comparaison des risques de contamination par les mycotoxines des productions de l'agriculture biologique vs. celles de l'agriculture conventionnelle ou, intégrer les risques nouveaux issus du changement climatique.

Au niveau de l'évaluation du risque, quelles sont les pistes de progrès ; est-ce qu'il y a de l'espoir pour maîtriser complètement le risque ? Après avoir assisté à la restitution des résultats du projet intégré « RARE fusariotoxines », il est très encourageant de constater qu'en associant les efforts des laboratoires de recherche de toutes les filières, on a beaucoup progressé dans la maîtrise du risque mycotoxines.

Pierre Galtier (INRA, UR 66, Toulouse) et **Dominique Parent-Massin** (Université de Bretagne Occidentale, Brest)

Nouveaux défis à relever en toxicologie des fusariotoxines

Les principaux défis à relever pour la suite du projet « RARE fusariotoxines » se situent à trois niveaux principaux :

- la toxicologie des très faibles doses (et du long terme)
- la toxicologie des associations de différentes toxines
- la toxicologie des mycotoxines présentées dans un cortège d'autres nutriments (et d'autres xénobiotiques, éventuellement).

Ainsi, ce n'est pas la même toxicologie d'étudier une mycotoxine pure qu'une mycotoxine naturellement présente dans une matrice complexe. **Les études en toxicologie doivent tenir compte de l'environnement dans lequel se trouve la mycotoxine.**

Quand on parle de danger et de risque, il y a à bien définir ce dont Dominique [Parent-Massin] a parlé dans la session de formation du premier jour : l'effet adverse. A partir de quel moment pour le toxicologue un effet est-il adverse ou ne l'est pas ? Par exemple, l'induction par les mycotoxines d'enzymes de détoxification (au demeurant très utiles sur le plan de la détoxification) a un effet adverse observé qui est significatif.

Pour répondre à une question de DRM, on sait faire l'étude des effets de toxicité chronique des petites doses à long terme, sur des périodes de 18 mois à 2 ans, mais cela coûte 1 à 1,3 millions €. Ainsi, les DJT très sévères que nous avons sur les toxines T-2 ont été fixées d'après les résultats d'études toxicologiques de très mauvaise qualité. Si on veut faire bouger ces DJT, il va falloir faire **réaliser ces études** – comme l'a dit J-M Frémy- **par des centres de recherche en toxicologie reconnus** (il en existe seulement deux en France), en suivant strictement les lignes directrices qui permettent l'acceptation de ces modifications de DJT par les agences de sûreté sanitaire des aliments.

Questions de l'assistance :

François Grosjean (Arvalis, Pau) :

C'est plutôt une interrogation supplémentaire : dans les mycotoxines d'intérêt pour les recherches, on a toujours évoqué les mycotoxines ingérées par voie digestive. Je m'interroge sur les risques que représentent ces mycotoxines par la voie respiratoire. Dans les fourrages en particulier, on peut avoir des inhalations très importantes de spores. Il faudrait peut-être y regarder de plus près dans les projets futurs non seulement pour le risque toxique par inhalation, mais aussi pour les risques éventuels de **toxicité ou d'allergie par voie respiratoire.**

Daniel Richard-Molard (MESR, Paris) et **Francis Fleurat-Lessard** (INRA MycSA, Bordeaux)

Clôture de la table ronde et du colloque

Bien que cette table ronde ait été limitée à deux heures, j'ai pris beaucoup de plaisir à l'animer et je remercie tous les intervenants pour la très haute qualité, la clarté et la concision de leurs interventions.

Maintenant, il faut dérouler ces discours et ces propositions pour construire de nouveaux projets de recherche de façon à trouver les moyens nécessaires à la poursuite et à l'amplification des actions engagées dans le projet « RARE fusariotoxines » vers les nouvelles cibles identifiées par les experts qui ont participé à cette table ronde. La meilleure façon d'obtenir ces moyens est de construire maintenant de vrais bons projets et de garder actif le cercle de compétences qui a si bien fonctionné dans le projet « RARE fusariotoxines ».

Je m'associe aux remerciements de Daniel, en particulier pour toute l'équipe de l'unité de « mycologie et sécurité des aliments » qui m'a accompagné dans la préparation et l'organisation matérielle de ce colloque et qui a permis qu'il soit une réussite ; comme on peut en juger à présent qu'il arrive à son terme avec encore une nombreuse assistance qui a assisté à la table ronde de clôture, après trois journées de travaux très intenses. J'adresse des félicitations à tous les auteurs de communications qui étaient toutes d'un très bon niveau scientifique et technique. Je remercie chaleureusement tous les experts invités qui ont bien voulu nous faire partager leur expérience au cours de la table ronde, avec une discussion qui clôture ce colloque de façon originale et exceptionnelle. Je vous encourage à suivre les nombreuses recommandations qui ont été présentées dans la table ronde pour préparer les nouveaux projets qui doivent succéder à notre projet « RARE fusariotoxines » qui se termine ainsi « en beauté ».

Arcachon, le 13 septembre 2007.

