

30-31  
JANVIER

2020

**UBO**  
Université de Bretagne Occidentale



**BREST**

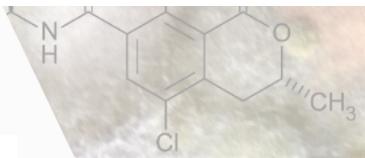
[www.univ-brest.fr/lubem](http://www.univ-brest.fr/lubem)

JOURNEES

MYCO  
TOXI  
NES

Laboratoire Universitaire  
**LUBEM**  
de Biodiversité et d'Ecologie  
Microbienne

**ésiab**  
ÉCOLE D'INGÉNIEURS



# PROGRAMME

## - Jeudi 30 janvier -

13h15-13h45 – Accueil des participants

13h45-14h – Discours introductif par Emmanuel COTON,  
directeur du LUBEM

14h-14h45 – Keynote, Rolf Geisen (Institut Max Rubner, Karlsruhe, Allemagne):  
"The production of mycotoxins as an adaptation to the food environment"

### Session 1: Biologie et diversité des champignons toxinogènes

- Occurrence des mycotoxines et des agents toxinogènes

14h45-15h05 Jean-Denis BAILLY, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Aflatoxin emergence in French maize in relation with climate changes

15h05-15h25 Benoît MELEARD, ARVALIS-Institut du Végétal, Occurrence des formes modifiées du DON dans les céréales et identification des facteurs modulant leur proportion par rapport au DON

15h25-15h45 Agathe ROUCOU, ARVALIS-Institut du Végétal, A multi-year agro-environmental approach estimates the risks of producing deoxynivalenol and fumonisin mycotoxins in maize at the national level

15h45-16h05 Adeline PICOT, LUBEM, Université de Brest, Dynamique des communautés fusariennes et du microbiote associé au sol et résidus de culture au cours d'une rotation maïs/blé et étude des réseaux d'interactions

16h05-16h20 Flash-Présentation (3 minutes par intervenant, Session 1 et 2)

- Samuel HERGOUALC'H, Novakits, SYMMETRIC® : quantification rapide et précise de toutes les mycotoxines sur site après extraction sans solvant
- Irene FRANCIOSA, DIFASA, Université de Turin, Mycotoxin detection in Piemonte pig salami during ripening
- Eric ROYER, IFIP-Institut du Porc, Effets d'un maïs naturellement contaminé en deoxynivalenol et de l'apport alimentaire d'anti-oxydants sur le stress oxydant chez le porc en engrangement
- Marc MARESCA, ISM2, Université Aix-Marseille, The Ying and the Yang of fungal depsipeptides: toxicity and therapeutic applications

16h20-16h50 Pause-café autour des posters

- Régulation de la biosynthèse des mycotoxines

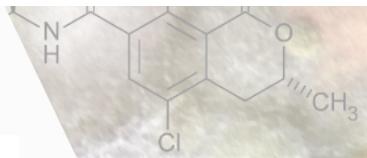
16h50-17h10 Charlotte GAUTIER, INRA MycSA, Deciphering the effect of ambient pH on enniatins production by *Fusarium avenaceum*

17h10-17h30 Olivier GROVEL, MMS, Université de Nantes, Role of the velvet complex and brla on the secondary metabolism and patulin production in *Penicillium expansum*

17h30-17h50 Ophélie ROCHER, INRA Toxalim, Les exsudats : moyen de conquête du milieu extérieur par *Penicillium expansum*

18h15 : départ pour le musée de la Marine de Brest (sur inscription)

20h15 Dîner au Quartz



# PROGRAMME

## - Vendredi 31 janvier -

### Session 1 (Suite)

8h30-8h50 Chrystian ZETINA SERRANO, INRA Toxalim, Deciphering of *Penicillium expansum* secondary metabolome

8h50-9h10 Laëtitia PINSON-GADAIS, INRA MycSA, l'exposition au cadmium protègerait le blé dur contre *Fusarium graminearum* ?

### Session 2 Exposition et toxicité des mycotoxines

9h10-9h30 Monika COTON, LUBEM, Université de Brest, Mycotoxin migration in foods: case study with *Penicillium verrucosum* in cheese

9h30-9h50 Abdullah Khan KOSHAL, INRA Toxalim, Co-occurrence of DON and emerging mycotoxins in worldwide finished pig feed and their combined toxicity in intestinal cells

9h50-10h10 Nolwenn HYMERY, LUBEM, Université de Brest, Evaluation de la cytotoxicité des mycotoxines sur modèle sphéroïdes d'hépatocytes

10h10-10h30 Laura SOLER VASCO, INRA Toxalim, Proteomics analysis reveals an activation of erk1/2 and cxcr4 signaling pathways in the intestine exposed to zearalenone

### Session 3 Gestion et prévention du risque

10h30-10h50 Flash Présentation (3 minutes par intervenant)

- Salma LASRAM, Centre de Biotechnologie de Borj-Cedria, Antifungal and anti-aflatoxinogenic activities of *Carum carvi* L., *Coriandrum sativum* L. seed essential oils and their major terpene component against *Aspergillus flavus*
- Ixchel Campos AVELAR, UMR Qualisud, Biocontrol agents of mycotoxicogenic fungi: toolbox for elucidating mechanisms of action
- Reem AL-RIACHIY, UMR Qualisud, Traitements alternatifs des pommes en conditions de stockage pour réduire la contamination en patuline par *Penicillium expansum*
- Asma CHELAGUEMA, UMR Qualisud, Utilisation d'extraits végétaux pour la maîtrise du risque mycotoxique dans les systèmes agro-alimentaires

10h50-11h20 Pause-café autour des posters

11h20-11h40 Ixchel Campos AVELAR, UMR Qualisud, Capacité antagoniste des bactéries du sol contre des champignons pathogènes et l'occurrence de mycotoxines

11h40-12h Caroline KUNZ, MCAM, Muséum National d'Histoire Naturelle, the endophyte *Paraconiothyrium variabile* biotransforms the mycotoxin beauvericin from *Fusarium oxysporum*

12h-12h20 Jean-Michel SAVOIE, INRA MycSA, Methanolic extracts from cultivated mushrooms affect the production of fumonisins b and fusaric acid by *Fusarium verticillioides*

12h20-12h50 Conférence de clôture, Isabelle Oswald, INRA Toxalim, Evaluation des mycotoxines : principes et réglementation.

13h Déjeuner au Quartz sous forme de buffet

# Communications Orales

## Session 1: Biologie et diversité des champignons toxinogènes

Première Sous-session : Occurrence des mycotoxines et des agents toxinogènes

### 1. AFLATOXIN EMERGENCE IN FRENCH MAIZE IN RELATION WITH CLIMATE CHANGES

Bailly S.<sup>1,2</sup>, Orlando B.<sup>1</sup>, El Mahgubi A.<sup>3</sup>, Bailly JD.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ARVALIS Institut du végétal – Station expérimentale 91720 Boigneville – France

<sup>2</sup>Ecole D’Ingenieur de Purpan, 31300 Toulouse <sup>3</sup>- Toxalim (Research Center in Food Toxicology), Université de Toulouse, INRA, ENVT, INPPurpan, UPS, 31027 Toulouse, France

It is widely accepted that Aflatoxin B1 (AFB1) is a major contaminant in regions where hot climate conditions favour the development of aflatoxigenic species. Global warming may lead to the appearance of aflatoxins (AFs) in maize produced in Europe. It was the case in France in 2015 where the exceptionally hot and dry climatic conditions were favourable for AFs production. Our survey revealed the contamination with AFs of 6% (n=114) of maize field samples and 15% (n=81) of maize silo samples analysed. The analysis of fungal mycoflora demonstrated, as expected, the presence of *Aspergillus* section *Flavi* strains in all AF+ samples but also in almost 40% of AF- samples. Surprisingly, *A. parasiticus* was a frequent contaminant (28% of the strains), mostly isolated from AF+ samples. This finding agrees with the presence of AFG in most of those samples. In 2016, climatic conditions were less favourable for AF synthesis (7 positive samples out of 255) but, nevertheless, many strains of *Aspergillus* section *Flavi* were still observed in maize samples, suggesting a lasting implantation of these fungal threat in French fields and highlighting the sanitary risk that may result in case of climatic conditions allowing AF biosynthesis. Such conditions again occurred in France in 2018 and 2019. Within the AFLAFrance project, granted by ANSES, we are now assessing fungal and mycotoxin contamination that occurred during these two years as well as the relation that may exist between contamination and agricultural practices. The aim is to define which ones could limit the development of toxigenic strains or favour the implantation of atoxigenic ones.

### 2. OCCURRENCE DES FORMES MODIFIEES DU DON DANS LES CEREALES ET IDENTIFICATION DES FACTEURS MODULANT LEUR PROPORTION PAR RAPPORT AU DON

Orlando B.<sup>1</sup>, Du Cheyron P.<sup>2</sup>, Meleard B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ARVALIS Institut du Végétal, Station expérimentale, 91720 BOIGNEVILLE 2 ARVALIS Institut du Végétal, Route de Châteaufort - RD 36 - ZA des Graviers, 91190 Villiers le Bâcle

Corresponding author: [b.meleard@arvalis.fr](mailto:b.meleard@arvalis.fr)

L'EFSA a publié le 11/09/2017 un avis sur le Déoxynivalénol (DON) et ses formes modifiées. Cet avis mentionne que l'actuelle DJT (1µg/kg pc/jour) ainsi que l'ARfD (8µg/kg

pc/jour) doivent dorénavant prendre en compte non seulement la forme native du DON mais également ses 3 principales formes dérivées que représentent le 3-aDON, le 15-aDON ainsi que le DON-3G. De ce fait, la Commission Européenne a évoqué dès 2018 le projet de modifier l'actuelle teneur maximale réglementaire concernant le DON pour intégrer ces formes modifiées. ARVALIS a mis en place une étude d'occurrence de ces contaminants avec le soutien financier d'Intercéréales afin de positionner la France par rapport aux données publiées dans l'avis de l'EFSA, mais également pour apporter des éléments de réponse sur le rôle que peuvent jouer la génétique (espèce, variété) et le climat (effet année) dans les proportions de ces formes modifiées par rapport au DON. Ces données ont permis d'évaluer l'impact sur les préconisations actuellement faites en matière de prévention du risque, qu'il s'agisse du conseil variétal ou du déploiement des Outils d'Aide à la Décision Sur les récoltes 2012 à 2018, 2137 échantillons ont fait l'objet d'une analyse conjointe de DON, 3-aDON, 15-aDON et DON-3G. Les analyses ont été réalisées sur les expérimentations et enquêtes planifiées dans l'objectif initial d'acquérir des références sur la qualité sanitaire : observatoires, enquêtes au champ, essais Fusariose et essais variétés. Concernant la sensibilité des variétés au DON, 129 données acquises sur la récolte 2019 ont été ajoutées à cette étude, soit un total de 2266 parcelles. Cette étude démontre que, bien que corrélées entre elles, la proportion des formes modifiées du DON par rapport au DON est variable selon la toxine, la culture et l'année. Ces résultats apportent des éléments de précision qui doivent être pris en compte par le législateur puisque l'EFSA fait référence à un ratio unique quelle que soit la matière première et l'année, de 25% pour les 3 et 15aDON et 20% pour le DON-3G. Le classement des variétés par rapport à leur sensibilité au DON n'est pas impacté par la prise en compte des formes modifiées du DON. Plus largement, la prise en compte des formes modifiées du DON ne devrait pas impacter les outils actuels de gestion du risque DON.

Mots-clés : deoxynivalenol, formes modifiées, occurrence, gestion du risque

### **3. A MULTI-YEAR AGRO-ENVIRONMENTAL APPROACH ESTIMATES THE RISKS OF PRODUCING DEOXYNIVALENOL AND FUMONISIN MYCOTOXINS IN MAIZE AT THE NATIONAL LEVEL**

Roucou Agathe<sup>1</sup>, Bergez Christophe<sup>1</sup>, Orlando Béatrice<sup>1</sup> and Meleard Benoît<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> ARVALIS Institut du Végétal, Station expérimentale, 91720 BOIGNEVILLE

The European Union regulated concentration of Deoxynivalenol (DON) and Fumonisins (FUMO) in maize, two mycotoxins produced respectively by *Fusarium graminearum* and *verticillioides*. In order to facilitate compliance with these regulations, it is necessary to target the factors influencing the contamination and production of mycotoxins by the two *Fusarium* in maize. In collaboration with the maize grain sector, Arvalis-Institut du végétal has been targeting those factors to create support tools for mycotoxin risk management for farmers and collectors. Since 2003, a multi-year and national maize database has been created from field surveys. This database contains information about agricultural practices (varietal precocity, residue management..) and climatic conditions (mean temperature, water stress..) on 2600 maize fields throughout the national territory. From those agricultural plots, samples were collected at harvest and mycotoxin analyses measured their DON and FUMO

concentrations. From this database, the effects of climatic and agronomic factors, and their possible combination, on mycotoxin production were analysed with a statistical approach. First, compared to climatic conditions, agricultural practices have less impact on the contamination of maize by both *Fusarium* species. Then, different climate sequences are targeted as important for their contamination. Indeed, *Fusarium graminearum* appreciates humidity and mild temperatures in March and August, while high temperatures in July and October and several water stress along cycle are favorable for *Fusarium verticillioides*. Finally, these climate sequences associated with agricultural practices of interest make it possible to target combinations of risk factors influencing *Fusarium* contamination for maize. By linking these results to the DON and FUMO concentrations, combinations of risk factors can be classified as promoting very low to high mycotoxin concentrations, possibly exceeding the regulatory thresholds. Through a multi-year agroenvironmental database, the agronomic and climatic risk factors associate with *Fusarium graminearum* and *verticillioides* contamination of maize were related to DON and FUMO concentrations. This approach will help create a national, informative and easily usable tool for farmers and collectors.

#### **4. DYNAMIQUE DES COMMUNAUTES FUSARIENNES ET DU MICROBIOTE ASSOCIE AU SOL ET RESIDUS DE CULTURE AU COURS D'UNE ROTATION MAIS/BLE ET ETUDE DES RESEAUX D'INTERACTIONS**

José F. Cobo-Díaz<sup>1</sup>, Fabienne Legrand<sup>1</sup>, Gaétan Le Floch<sup>1</sup> and Adeline Picot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ Brest, Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Écologie Microbienne, F-29280 Plouzané, France

<sup>1</sup> Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Ecologie Microbienne, Université de Brest, Technopôle Brest-Iroise, Plouzané 29280, France

Corresponding author: [adeline.picot@univ-brest.fr](mailto:adeline.picot@univ-brest.fr)

La fusariose des épis est l'une des maladies fongiques les plus importantes des céréales et du blé entraînant pertes de rendement et contaminations en mycotoxines. Au cours de leur cycle, les espèces du complexe fusarien colonisent différents compartiments de l'agroécosystème : la plante hôte, les épis, les résidus des cultures et le sol suite à la décomposition des résidus et donc interagissent avec le microbiote associé à chacune de ces niches. Comprendre la dynamique des espèces du genre *Fusarium* sur ces différents compartiments et accéder à une description fine du microbiote permettraient de mieux appréhender les interactions avec *Fusarium* spp. et, *in fine*, développer des stratégies de lutte plus efficaces. Bien que le sol et les résidus constituent la source d'inoculum primaire, ces compartiments sont bien moins étudiés que les grains. Dans ce contexte, un des objectifs de nos travaux visait à identifier la dynamique des communautés microbiennes (bactériennes, fongiques et fusariennes) associées au sol et résidus de culture au cours d'une rotation maïs/blé par des approches de metabarcoding et à analyser les réseaux d'interactions microbiennes qui en résultent. Au moment de la récolte du maïs en novembre 2016, les espèces *F. graminearum* et *F. avenaceum* étaient prédominantes sur l'ensemble des résidus de maïs collectés dans 8 parcelles situées en Bretagne. Toutefois, ces espèces ne se maintenaient plus dans des sols collectés 5 mois après en avril 2017 en cours de culture de blé. Par ailleurs, la structuration des communautés bactériennes du sol étaient conservées

dans le temps avec un fort effet parcellé tandis que les communautés fongiques étaient structurées à la fois en fonction des parcelles mais aussi de la date de prélèvement. Nous avons ensuite cherché à établir des corrélations entre l'abondance des *Fusarium* spp. et celles d'autres genres bactériens via des réseaux de co-occurrence. Des corrélations négatives entre l'abondance des genres de *Fusarium* avec d'autres genres microbiens, à savoir *Sarocladium* et *Epicoccum* ont été mises en évidence sur résidus de maïs. Compte tenu de la prédominance de ces genres dans les résidus de culture, ces micro-organismes pourraient constituer de potentiels agents antagonistes pour lutter contre des espèces de *Fusarium* toxinogènes. Des études sont toutefois nécessaires pour isoler et étudier l'efficacité de ces micro-organismes comme agents antagonistes.

*Deuxième sous-session : Régulation de la biosynthèse des mycotoxines*

**5. DECIPHERING THE EFFECT OF AMBIENT PH ON ENNIATINS PRODUCTION BY *FUSARIUM AVENACEUM***

Gautier Charlotte<sup>1</sup>, Ferrer Nathalie<sup>1</sup>, Chéreau Sylvain<sup>1</sup>, Zehraoui Enric<sup>1</sup>, Ponts Nadia<sup>1</sup>, Richard-Forget Florence<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre de Recherche INRA Bordeaux-Aquitaine, UR1264 MycSA, Villenave d'Ornon, France

Corresponding author: [charlotte.gautier@inra.fr](mailto:charlotte.gautier@inra.fr)

Few is known as regards the molecular mechanisms by which the biosynthesis of enniatins can be regulated. This lack of knowledge hinders the development of control tools to ensure minimum levels of contamination in cereal harvests. The aim of this study was to decipher the effect of ambient pH. First, growth and toxin production of 12 *Fusarium avenaceum* strains were tested in FDM media buffered at various pH values. For all strains, the highest mycelium biomass was obtained at pH 7. As regards enniatin yields, our results showed that these toxins can be produced at a wide range of pH values. The optimal pH value for their yield was strain-dependent: while in most strains, the highest amounts of toxins were quantified at pH 4-5, pH values higher than 6 were shown to promote the production of enniatins in a sub-set of four strains. Second, we investigated the role of the PacC homologue from *F. avenaceum*, FavPac1, in the regulation of enniatins production. FavΔPac1 deletion mutants were constructed in three *F. avenaceum* strains characterized by contrasted responses to variations in environmental pH. Fungal development, expression of the peptide synthetase gene (*esyn*) coding for the biosynthesis of enniatins and the accumulation of toxin at different pH were tested in the mutants and in their corresponding wild strains. The resulting data shed light on the mechanisms by which FavPac1, a transcription factor that regulates pH homeostasis, could be involved in the modulation of the production of enniatins by *F. avenaceum*.

Keywords: *Fusarium avenaceum*, enniatins, pH, Pac1

**6. ROLE OF THE VELVET COMPLEX AND BRLA ON THE SECONDARY METABOLISM AND PATULIN PRODUCTION IN *PENICILLIUM EXPANSUM*.**

Cochereau Bastien<sup>1,2</sup>, Gentil Emmanuel<sup>1,3</sup>, Pouchus Yves François<sup>1</sup>, Grovel Olivier<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Nantes Université, MMS-EA2160, 9, rue Bias, 44035 Nantes Cedex

<sup>2</sup> Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Ecologie Microbienne, Université de Brest, Technopôle Brest-Iroise, Plouzané 29280, France

<sup>3</sup> Corsaire-ThalassOMICS metabolomics platform, Nantes Université, 9, rue Bias, 44035 Nantes Cedex

Patulin is a dangerous mycotoxin for humans produced by many species of fungi such as *Aspergillus*, *Byssochlamys* or *Penicillium* sp.. The most important producer of patulin is *Penicillium expansum*, the blue mould responsible for apple decay. Because of harmful effects in humans, many countries worldwide have set limits regarding the patulin content in food. One of the tasks of the Patrisk ANR project relies in understanding the regulation of the patulin's biosynthetic pathway, and especially the implication of the Velvet complex and the Brla protein. The Velvet complex is a trimeric protein complex composed of VelB, VeA and LaeA, and it is one of the major regulators of the secondary metabolism in fungi. Brla is a transcription factor that is suspected to take part in the regulation of the patulin pathway. The results of the metabolomics study of mutant strains  $\Delta$ VelB,  $\Delta$ VeA,  $\Delta$ LaeA and  $\Delta$ Brla of *P. expansum* clearly indicate that the Velvet complex and the Brla protein are involved in the regulation of patulin's production. Our results show that strains with an altered Velvet complex produce less ( $\Delta$ VelB) or no patulin ( $\Delta$ VeA and  $\Delta$ LaeA) compared to the wild type strain. Conversely, deletion of the Brla protein expression led to an increase of the patulin production. Nevertheless, accurate analyses of the LC-HRMS profiles of all mutants and wild-type strains cultured on five culture media showed that gene deletions influenced in extremely diverse manners the secondary metabolism pathways regulation.

## **7. LES EXSUDATS : MOYEN DE CONQUETE DU MILIEU EXTERIEUR PAR *PENICILLIUM EXPANSUM***

Rocher Ophélie <sup>1</sup>, Pichereaux Carole <sup>2</sup>, Comera Christine <sup>1</sup>, Lorber Sophie \* et Puel Olivier <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Toxalim (Research Centre in Food Toxicology), Université de Toulouse, INRA, ENVT, INPPurpan, UPS, Toulouse, France

<sup>2</sup>Fédération de Recherche (FR3450), Agrobiosciences, Interactions et Biodiversité (AIB), CNRS, Toulouse, France; Institut de Pharmacologie et de Biologie Structurale (IPBS), Université de Toulouse, CNRS, UPS, Toulouse, France.

\*Corresponding author: [sophie.lorber@inra.fr](mailto:sophie.lorber@inra.fr)

*Penicillium expansum*, principal agent responsable de la pourriture bleue des pommes est un producteur important de mycotoxines telles que la patuline, toxine que l'on peut retrouver dans les produits transformés à base de pomme. En plus de la patuline, le champignon produit une large gamme de métabolites secondaires (MS) tel que la citrinine, les chaetoglobosines, les communésines et les andrastines. Certains milieux synthétiques induisent la formation d'xsudats par *P. expansum*, se présentant sous la forme de gouttelettes sécrétées à la surface du mycélium et contenant de forts taux de patuline. L'émission de vésicules extracellulaires a été précédemment décrite chez des champignons et participent à leur virulence puisqu'elles

permettent une production et une sécrétion de métabolites toxiques dans le milieu extérieur. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à la caractérisation des MS présents dans les exsudats par analyse en HPLC et LC-MS. Nous avons identifié plusieurs MS tels que la patuline, l'ascladiol, la citrinine, la communesine, l'andrastine. Nous avons également entrepris une étude protéomique afin de pouvoir appréhender la totalité des protéines des exsudats et de déterminer leur fonction potentielle. Notre étude nous a permis d'identifier 199 protéines, dont la plupart (78%) ont un peptide signal et sont secrétées. Parmi le pool de protéines retrouvées dans l'exsudat, la majorité sont impliquées dans le métabolisme des carbohydrates en vue de dégrader la pomme, nourrir le champignon et renouveler sa paroi afin de permettre son expansion. Nous trouvons également PatE, PatB, PatO, et PatF, 4 protéines impliquées dans la biosynthèse de la patuline. patE est la dernière enzyme et catalyse la transformation de l'ascladiol en patuline. Etant donné que les 4 ont un peptide signal permettant l'adressage des protéines à un compartiment cellulaire ou vers le milieu extérieur, on suppose qu'elles sont impliquées dans les étapes finales. La présence de la protéine patE et de l'ascladiol dans l'exsudat suggère que la dernière étape pourrait survenir hors du champignon. La localisation spatiotemporelle des protéines pourrait donner des éclaircissements sur la manière dont la voie de biosynthèse de la patuline est effectuée. En parallèle, une étude transcriptomique a été réalisée sur le mutant ayant le facteur de transcription spécifique patL, indispensable à la production de patuline, d'invalidé. Ainsi 11 protéines retrouvées dans les exsudats incluant PatE, PatB, PatO, et PatF, soit 5% du nombre total, sont régulés négativement chez le mutant avec une expression de 2 à 346 fois plus faible que chez le WT.

## 8. DECIPHERING OF *PENICILLIUM EXPANSUM* SECONDARY METABOLOME

Zetina Chrystian<sup>1</sup>, El Hajj Assaf Christelle<sup>1</sup>, Rocher Ophélie<sup>1</sup>, Snini Selma<sup>1</sup>, Jamin Emilien L.<sup>1</sup>, Martin Jean-François<sup>1</sup>, Oswald Isabelle P<sup>1</sup>, Puel Olivier<sup>1\*</sup>, Lorber Sophie<sup>1</sup>

Toxalim (Research Centre in Food Toxicology), Université de Toulouse, INRAE, ENVT, INP-Purpan, UPS, Toulouse, France

\*Corresponding author: [olivier.puel@inra.fr](mailto:olivier.puel@inra.fr)

*Penicillium expansum* is a post-harvest fungus that causes "blue mould" disease in apples. *P. expansum* is known to produce a wide variety of secondary metabolites with various chemical structures, such as two important mycotoxins: patulin and citrinin. These mycotoxins are the end products of enzymatic cascades where the enzymes involved are encoded by genes arranged contiguously as a group of biosynthetic genes (BGC). An AntiSmash analysis of T01 and d1 strain genomes predicted the presence of 63 secondary metabolites (SM) clusters. Given the number of predicted BGCs, the number of metabolites reported by *P. expansum* seems very low compared to what fungi could produce during their development. The production of some SMs depends on the state of development of the fungus but is also influenced by internal and external cues such as pH, light, carbon, nitrogen. Fungal development, asexual/sexual reproduction and secondary metabolism are regulated by different transcription factors. Among them, the VeA factor, a component of the "velvet complex", is a phosphoprotein responding to abiotic factors, particularly light. Depending on fungal species, VeA is involved in different physiological processes quoted above and

virulence. BrIA is a C2H2 transcription factor required for conidiophore development in Trichocomaceae family. Studies have shown a contribution of BrIA to the production of SMs, particularly the regulation of metabolites involved in the formation of spores. In order to determine without ambiguity the chemical formula of all *P. expansum* SMs, an integrated approach combining high-resolution mass spectrometry and double isotopic labelling was carried out from wild type (WT) strain, PeΔveA and PeΔbrIA null mutant cultures on wheat grains with different isotopic enrichments. Subsequently, the metabolome of the WT strain and the null mutant strains PeΔveA and PeΔbrIA were analyzed in synthetic media (MEA and PDA) in darkness and light, also *in vivo* in infected apples. This work showed that patulin and citrinin biosynthesis are veA-dependent whilst the deletion of brIA did not affect roquefortin C, citrinin, chaetoglobosins and patulin production suggesting that the latter is not related to conidiogenesis. However, the biosynthesis of expansolides, communesins and an unknown compound displaying C19H16N2O2 as chemical formula is drastically altered. The LC-MS analysis of spores harvested outside apples artificially inoculated by *P. expansum* and incubated for one month in the dark showed a total absence of patulin and citrinin whereas significant amounts of patulin were detected in the fruits. This confirmed that only the hyphal filaments synthesize patulin.

## 9. L'EXPOSITION AU CADMIUM PROTEGERAIT LE BLE DUR CONTRE FUSARIUM GRAMINEARUM ?

Pinson-Gadais Laetitia<sup>1</sup>, Cornu Jean-Yves<sup>2</sup>, Leannec-Rialland Valentin<sup>1</sup>, Ponts Nadia<sup>1</sup>, Nicaise Valérie<sup>1,2</sup>, Ducos Christine<sup>1</sup>, Chéreau Sylvain<sup>1</sup>, Forget Florence<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAE UR 1264 MYCSA \_ Mycologie et Sécurité des Aliments

<sup>2</sup> INRAE URM 1391 ISPA \_ Interactions Sol Plante Atmosphère

<sup>1, 2</sup> : 71, avenue Edouard Bourlaux – CS20032 - 33883 Villenave d'Ornon Cedex – France

Auteur correspondant : [florence.forget@inra.fr](mailto:florence.forget@inra.fr)

Le Cadmium (Cd) et les mycotoxines sont parmi les contaminants les plus préoccupants pour la qualité sanitaire des céréales et de leurs produits dérivés. Le cadmium est un élément trace présent naturellement dans les sols qui pénètre dans les végétaux par leurs racines et s'accumule dans les parties consommées. Certaines pratiques agricoles, notamment les apports d'engrais phosphatés, ont conduit à un enrichissement des sols en Cd et à une hausse de la teneur en Cd des grains chez les céréales. En ce qui concerne les mycotoxines, le deoxynivalenol (DON), qui est produit majoritairement par *Fusarium graminearum* au cours de la culture, est la toxine la plus fréquemment retrouvée dans les récoltes céréaliers en Europe. Parmi les espèces céréaliers, le blé dur est la plus sensible à la contamination par le DON et par le Cd. Les récoltes se retrouvent ainsi fréquemment co-contaminées par ce mélange de contaminants, dont les effets toxiques combinés sont encore mal connus. Pour définir des stratégies agronomiques permettant de limiter efficacement et simultanément l'accumulation de ces deux contaminants dans les grains de blé dur, et éviter qu'une stratégie préconisée pour réduire un contaminant n'ait un effet opposé sur le deuxième, il est indispensable d'analyser le degré potentiel d'interaction entre les mécanismes de contamination des grains par le Cd et le DON. Cette analyse constituait l'un des objectifs du projet ANR CaDON, "Cadmium et DeOxyNivalenol dans les récoltes de blé dur : comprendre

les évènements de contamination croisée et évaluer la toxicité du mélange ". Pour sa réalisation, du blé dur a été cultivé en serre sur un même sol contaminé à différentes doses de Cd. La moitié des plantes a été inoculée à floraison par une souche toxinogène de *F. graminearum*. Des prélèvements d'épis ont été réalisés à différents stades après inoculation et à maturité des grains, et soumis à une batterie d'analyses pour suivre les deux contaminants dans les tissus végétaux ainsi que la réponse de la plante à l'infection fongique dans les différentes conditions de culture. Les résultats obtenus *in planta* ont permis de mettre en évidence que l'exposition du blé dur au Cd via le sol limitait les niveaux d'ADN fongique et de DON dans les grains récoltés à maturité. Nos données ont permis d'apporter plusieurs éléments explicatifs à cette observation. Elles ont suggéré que le Cd accumulé dans les tissus végétaux serait toxique pour *F. graminearum* et limiterait sa production de DON, mais aussi que la présence de Cd dans le sol modifierait le métabolisme des plantes et modulerait leur réponse à l'infection par *F. graminearum*.

## Session 2 Exposition et toxicité des mycotoxines

### 1. MYCOTOXIN MIGRATION IN FOODS: CASE STUDY WITH *PENICILLIUM VERRUCOSUM* MOLDED CHEESE

Monika Coton<sup>1</sup>, Arnaud Auffret<sup>1</sup>, Elisabeth Poirier<sup>1</sup>, Stella Debaets<sup>1</sup>, Emmanuel Coton<sup>1</sup> & Philippe Dantigny<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ Brest, Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Écologie Microbienne, F-29280 Plouzané, France

Corresponding author: [monika.coton@univ-brest.fr](mailto:monika.coton@univ-brest.fr)

*Penicillium verrucosum* is a fungal species contaminating foods, such as cheeses, that can lead to significant losses. *P. verrucosum* can produce toxic extrolites, including ochratoxin A (OTA) and citrinin (CIT), which can cause serious physiological effect in humans. The objective of this study was to develop an experimental plan to evaluate the migration of these two mycotoxins in *P. verrucosum* contaminated Comté cheese. Multiple strains were compared for growth then mycotoxin production on cheese. A strong OTA/CIT-producing strain was then selected and a spore suspension was inoculated onto cubes of Comté cheese and incubated at 8°C (for 42 days) or 20°C (for 28 days) to mimic typical storage at the consumer level. Fungal growth was monitored and sampling for OTA/CIT determination was carried out at regular time intervals. Mycotoxins were then extracted and quantified using LC-QTOF from 2 mm thick cheese slices cut out from 4 cm<sup>3</sup> cheese cubes as follows: 0-2, 2-4, 4-6 and 6-8 mm. Using this methodology, CIT and OTA production and migration was monitored in Comté cheese for both storage temperatures. A clear shift in secondary metabolite biosynthesis was observed for samples stored at 8°C as CIT production was highest at 14d, then decreased, while OTA production started at 28d. For samples stored at 20°C, simultaneous production and migration of both metabolites was observed from 7d on. The obtained data can be used for risk assessment and we have proposed recommendations for consumers in the case of mold contaminated cheese.

## **2. CO-OCCURRENCE OF DON AND EMERGING MYCOTOXINS IN WORLDWIDE FINISHED PIG FEED AND THEIR COMBINED TOXICITY IN INTESTINAL CELLS**

Khan Khoshal Abdullah<sup>1</sup>, Novak Barbara<sup>2</sup>, Martin Pascal G.P.<sup>1</sup>, Jenkins Timothy<sup>2</sup>, Neves Manon<sup>1</sup>, Schatzmayr Gerd<sup>2</sup>, Oswald Isabelle P.<sup>1</sup> and Pinton Philippe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Toxalim (Research Center in Food Toxicology), Université de Toulouse, INRA, ENVT, INPPurpan, UPS, 180 chemin de tournefeuille, F- 31027 Toulouse cedex 3, France; 2 BIOMIN Research Center, Technopark 1, 3430 Tulln, Austria,

Correspondence: [philippe.pinton@inra.fr](mailto:philippe.pinton@inra.fr)

Food and feed can be naturally contaminated by several mycotoxins and concern about the hazard of exposure to mycotoxin mixtures is increasing. Among farm animals, pig is one of the most sensitive animal to mycotoxins and it can be exposed, through its rich cereal diet, to high concentrations of mycotoxins. In this study, more than 800 metabolites were analyzed in 524 finished pig feed samples collected from the worldwide market, using a sensitive liquid chromatography tandem mass spectroscopy (LC- MS/MS) detection method. We observed that 88% of the samples were co-contaminated with deoxynivalenol (DON) and other regulated or so called emerging mycotoxins. More than 20% of samples contained at least 60 mycotoxins either regulated or emerging mycotoxins. Then, we characterized the potential toxicity of the 10 most prevalent and co-occurring with DON emerging mycotoxins (brevianamide F, cyclo-(L-Pro-L-Tyr), tryptophol, enniatins A1, B, B1, emodin, aurofusarin, beauvericin, and apicidin). Their individual effect on the viability of porcine intestinal epithelial cell line IPEC-1 was assessed over a 48-h period. . Among them, brevianamide F, cyclo-(L-Pro-L-Tyr), and tryptophol did not alter cell viability. The other metabolites were ranked in the following order of decreasing toxicity: apicidin> enniatin A1> DON> beauvericin> enniatin B> enniatin B1> emodin> aurofusarin. Finally, the combined toxicity of DON and above-mentioned emerging mycotoxins based on their real concentration in pig feed was assessed. We first determined that, despite the very high frequency of co-contamination, there was a poor correlation between the concentrations of DON and the one of the above-mentioned emerging mycotoxin. Thus, we assessed the toxic effects at three plausible mixtures encompassing the situations to which animals may be exposed. Ratio 1 (P25/P75) was calculated using the P25 (1st quartile) concentration of the emerging mycotoxin and P75 (3rd quartile) concentration of DON. Ratio 2 (median/median) was calculated using the median (2nd quartile) concentration of DON and each emerging mycotoxin. Ratio 3 (P75/P25) was calculated using the P75 concentration of the emerging mycotoxin and P25 concentration of DON. In most of the mixtures, combined toxicity was similar to the toxicity of DON alone. This demonstrates that, when these emerging mycotoxins are present together with DON, the toxicity of the mixture is not exacerbated. Also, in terms of pig health, these results demonstrate that co-occurrence of the emerging mycotoxins we tested with DON does not exacerbate toxicity

## **3. EVALUATION OF MYCOTOXINS CYTOTOXICITY ON A HEPATOCYTE SPHEROID MODEL**

Samiez Elodie<sup>1</sup>, Coton Emmanuel<sup>1</sup>, Hymery Nolwenn<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ Brest, Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Écologie Microbienne, F-29280 Plouzané, France

<sup>1</sup> Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Ecologie Microbienne, Université de Brest, Technopôle Brest-Iroise, Plouzané 29280, France

Corresponding author: [nolwenn.hymery@univ-brest.fr](mailto:nolwenn.hymery@univ-brest.fr)

Mycotoxins are toxins produced by fungi and are found in food commodities, including in European grains. Fusariotoxins are mycotoxins made by Fusarium species and are widespread in the human diet. It has been shown that the intake of a single mycotoxin can lead to adverse effects. Some of them are cytotoxic on the liver and in particular on hepatocytes, this is why we studied effects of T2 toxin, nivalenol (NIV), deoxynivalenol (DON), zearalenone (ZEA), Fumonisin B1 and moniliformin on the cell line HepaRG. These cells are able to produce early hepatic progenitor's cells as well as completely mature human hepatocytes and are considered as one of the best model for in vitro toxicity testing. Previous studies have already shown that those mycotoxins are toxic for HepaRG cell lines. However, most of them were carried out on conventional cell culture systems in 2D, and did not include cell-cell and cell-matrix interactions. Here, we developed spheroids of HepaRG cells to mimic as well as possible in vivo conditions. This model takes those interactions into account and seems to be a reliable model for hepatotoxicity testing. In fact, differences in sensitivity have been shown; the spheroid model is more impacted by DON, NIV, ZEA and T2 than the 2D model. After 48H, IC50 were for T2, NIV, DON, FB1, MON and ZEA 0.19µM, 2.84µM, 7.35µM, >10µM, >10µM and 55.12 µM respectively.

#### **4. PROTEOMICS ANALYSIS REVEALS AN ACTIVATION OF ERK1/2 AND CXCR4 SIGNALING PATHWAYS IN THE INTESTINE EXPOSED TO ZEARALENONE**

Soler L.<sup>1</sup>, Stella A.<sup>2</sup>, Lahjouji T.<sup>1</sup> and Oswald IP.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Toxalim (Research Centre in Food Toxicology), Université de Toulouse, INRA, ENVT, INPPurpan, UPS, 31027, Toulouse, France.

<sup>2</sup>Toulouse Proteomics Infrastructure, Institute of Pharmacology and Structural Biology, 31077, Toulouse, France.

Corresponding author's email: [laura.soler-vasco@inra.fr](mailto:laura.soler-vasco@inra.fr)

The effect of zearalenone in estrogen-responding organs (i.e. the intestine) other than the reproductive tract is scarcely known. In the pig intestine, zearalenone induces histological changes including crypt depth enlargement. Transcriptomic analysis of zearalenone-exposed intestinal tissues have shown molecular changes related with a pro-proliferative state, but no clear relationship between the morphological and the transcriptomic changes observed has been established. Proteomics analysis is highly complementary to transcriptomics, and joint interpretation provides with a more complete picture of the molecular changes involved in the tissue response to a toxic insult. The objective was to provide with additional data to interpret the intestinal toxicity of zearalenone through the analysis of the jejunal proteome changes. Pig jejunal explants were exposed to 100 µM zearalenone for 4 hours. Proteins from treated and control samples (n=3 per group, paired) were extracted, subjected to in-gel tryptic

digestion and analysed by nLC MS/MS. Data processing, protein identification and quantification was performed used Mascot and Proline using the Uniprot KB Sus Scrofa database. Functional analysis of results were performed using the software Ingenuity Pathway Analysis and String DB. Verification and validation of results of the proteomic analysis and functional analysis was performed by Western Blot. A total of 5880 proteins were identified and quantified.. Under the studied conditions, 20 proteins were down-accumulated and 39 were up-accumulated ( $p<0.5$ ; fold-change  $> 1.5$ ). Most proteins were implicated in cell-to-cell adhesion, calcium signaling, membrane trafficking and cytoskeletal re-arrangements. These processes are in agreement with previously known toxic effects of zearalenone as well as changes related with proliferation and tissue remodeling. Functional analysis indicated an alteration of the CXCR4-mediated signaling pathway. CXCR4 signaling in the intestine seems to be important for intestinal cells migration, differentiation and tissue reparation through coordination of the ERK1/2 signaling pathway. Functional analysis indicated also a link of the activation of estrogen signaling with ERK1/2 activation. The upaccumulation of ERK1/2 proteins, estrogen receptor alpha as well as the chemokine receptor CXCR4 and the chemokine CXCL12 in zearalenone-exposed samples were confirmed by western blot. The zearalenone-dependent activation of the CXCR4 and ERK 1/2 signaling pathways could be behind the pro-proliferation phenotypic changes observed in the pig jejunum.

### **Session 3 Gestion et prévention du risque**

#### **1. CAPACITE ANTAGONISTE DES BACTERIES DU SOL CONTRE DES CHAMPIGNONS PATHOGENES ET L'OCCURRENCE DE MYCOTOXINES**

Campos Avelar Ixchel<sup>1</sup>, Colas de la Noue Alexandre<sup>1</sup>, Fontana Angélique<sup>1</sup>, Strub Caroline<sup>1</sup>, Durand Noel<sup>1</sup>, Schorr-Galindo Sabine<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR Qualisud, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier SupAgro, Univ d'Avignon, Univ de La Réunion, Montpellier, FRANCE

Corresponding author email: [ixchel\\_campos\\_avelar@hotmail.com](mailto:ixchel_campos_avelar@hotmail.com)

Les maladies fongiques des céréales provoquent des pertes de rendement et peuvent entraîner la présence de mycotoxines dangereuses pour les consommateurs. L'utilisation des fongicides chimiques représente la principale solution de lutte avec des impacts néfastes pour l'environnement et la santé humaine. L'utilisation de microorganismes présents naturellement dans le sol, notamment les actinobactéries, présente une alternative intéressante par leur production importante et diversifiée de molécules d'intérêt (enzymes, antibiotiques) ainsi que par leur capacité à adsorber ou dégrader des mycotoxines. L'objectif de cette étude est de mesurer la capacité des actinobactéries et leurs métabolites à réduire la croissance de moisissures pathogènes et à inhiber et/ou dégrader leurs mycotoxines. Soixante souches d'actinobactéries ont été testées en confrontations contre quatre souches de champignons mycotoxinogènes (*Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus* et *Penicillium verrucosum*). Tous les pathogènes ont été inhibés par au moins 46 souches bactériennes. La croissance a été réduite jusqu'à 87% pour *A. flavus* qui est plus facilement inhibée, et jusqu'à 35% pour *F. graminearum*, la plus résistante. La quantité de mycotoxines produites a été réduite jusqu'à 65% pour le déoxynivalénol (*F. graminearum*),

79% pour les fumonisines (*F. verticillioides*), 99% pour les aflatoxines (*A. flavus*) et 94% pour l'ochratoxine A (*P. verrucosum*). Excepté pour *A. flavus*, la production de mycotoxines a été stimulée dans certains cas même lorsque la croissance a été inhibée, ce qui souligne l'importance de prendre en compte l'effet sur la toxinogénèse lorsqu'on étudie des agents de biocontrôle contre ces moisissures mycotoxinogènes. Afin de comprendre si la réduction des mycotoxines a été provoquée par une inhibition de leur synthèse et/ou un mécanisme de dégradation, les actinobactéries ont été cultivées en milieu solide et liquide contenant AFB1 ou OTA. La plupart des souches ont été capables de diminuer la concentration d'AFB1 de 10 à 96% en milieu solide, alors que la réduction en milieu liquide s'échelonnait entre 7 et 80%. L'OTA a été presque totalement dégradée par 33 souches en milieu liquide alors que seules 4 ont montré cette capacité en milieu solide (60 à 100%). Les surnageants de culture sans les bactéries mis en contact avec les mycotoxines ont permis de réduire la quantité d'AFB1 jusqu'à 64% alors que peu d'effets ont été observés pour l'OTA (max=9%). Ce résultat semble indiquer que la diminution de mycotoxine est liée non seulement à sa métabolisation par les cellules bactériennes mais aussi à la sécrétion d'enzymes extracellulaires et que les mécanismes diffèrent entre l'OTA et l'AFB1.

## 2. THE ENDOPHYTE *PARACONIOTHYRIUM VARIABILE* BIOTRANSFORMS THE MYCOTOXIN BEAUVERICIN FROM *FUSARIUM OXYSPORUM*

Bärenstrauch Margot<sup>1</sup>, Buisson Didier<sup>1</sup>, Mann Stéphane<sup>1</sup>, Prado Soizic<sup>1</sup> and Kunz Caroline<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Muséum National d'Histoire Naturelle, Unité Molécules de Communication et Adaptation des Micro-organismes, UMR 7245, CP 54, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France <sup>2</sup> Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, UFR 927, F-75005 Paris, France

Corresponding author: [caroline.kunz@upmc.fr](mailto:caroline.kunz@upmc.fr)

*Paraconiothyrium variabile* is an endophytic fungus isolated from the conifer tree *Cephalotaxus harringtonia*. Endophytes are microorganisms that develop within living plant tissue without causing disease symptoms. They colonize the plant interior and contribute to the growth, development, fitness and enhanced disease resistance to pathogens. *P. variabile* exerts antifungal activity on the phytopathogen *Fusarium oxysporum* and leads to lower amounts of the mycotoxin beauvericin during their interaction (Combès et al., 2012). Beauvericin biosynthesis is catalysed by beauvericin synthetase encoded by the *beas* gene. We thus investigated the regulation of beauvericin production during the interaction between the two antagonists. Results show that the endophyte *P. variabile* induces the *beas* gene when in co-culture with the phytopathogen leading to higher amounts of mycotoxin in *F. oxysporum*. *P. variabile*, however, biotransforms the mycotoxin in the interaction zone. The mechanisms responsible for this degradation are now under investigation. In a liquid culture assay using nephelometry allowing fungal mass quantification, beauvericin inhibited the growth of *P. variabile*. The latter, however, regained its initial growth rate, once beauvericin was degraded. These results show that fungal mycotoxins play a role in the microbial interplay and most likely in the battle for ecological niches. In order to study plant protection by the endophyte *P. variabile* against *F. oxysporum*, and to investigate the role of beauvericin herein, we set up a

tripartite interaction system including the plant host *Arabidopsis thaliana*. First results demonstrate 80 % protection of the plant if *P. variabile* is applied several days before the phytopathogen *F. oxysporum*. What importance beauvericin degradation by the endophyte plays hereby needs now to be investigated. Altogether the work situates itself in the perspective of using endophytes as biocontrol agents.

Combès, A., Ndoye, I., Bance, C., Bruzaud, J., Djediat, C., Dupont, J., Nay, B., Prado, S., 2012. Chemical Communication between the Endophytic Fungus *Paraconiothyrium Variabile* and the Phytopathogen *Fusarium oxysporum*. PLoS ONE 7, e47313. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047313> Bärenstrauch, M., Jacquemin, C., Bibi, S., Sylla, O-K., Buisson, D., Prado, S., Mann, S. and Kunz, C. Molecular crosstalk between the endophyte *Paraconiothyrium variabile* and the phytopathogen *Fusarium oxysporum* – modulation of lipoxygenase activity and beauvericin production during the interaction. Submitted for publication.

### **3. METHANOLIC EXTRACTS FROM CULTIVATED MUSHROOMS AFFECT THE PRODUCTION OF FUMONISINS B AND FUSARIC ACID BY *FUSARIUM VERTICILLIOIDES***

Merel Daniel<sup>1</sup>, Ferrer Nathalie<sup>2</sup>, Ortega Carlos<sup>1</sup>, Atanasova-Penichon Vessela<sup>2</sup>, Chéreau Sylvain<sup>2</sup>, Salmones Dulce<sup>1</sup>, Guerrero-Analco<sup>1</sup>José A, Mata Gerardo<sup>1</sup>, Savoie Jean-Michel<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec 351. 91070, Xalapa, Veracruz. México. 2 INRAE, UR1264 MycSA, 71 avenue Edouard Bourleaux, CS 20032, 33882 Villenave d'Ornon Cedex, France

Corresponding author's email: [jean-michel.savoie@inra.fr](mailto:jean-michel.savoie@inra.fr)

Mushroom forming fungi are expected to contain compounds with important biological properties, due to the deep history of interactions between fruiting bodies and potentially fungivorous animals or fungal pathogens. In a search of new biomolecules for inhibiting the production of mycotoxins by *Fusarium* spp. in maize, cultivated mushrooms that could be available in large quantity are potential sources to be studied. In the present work, crude methanolic extracts from stipes and caps of *Agaricus subrufescens*, *Lentinula edodes* and *Pleurotus ostreatus* were tested for their activity on the mycelial growth of a Mexican and a French strains of *Fusarium verticillioides* (Fv.fr and Fv.mx). Supernatants of liquid cultures were used for the analysis of fumonisins B1, B2, B3 by UPLC with a fluorescence detector, after derivatization for Fv.fr. The contents in FB1 and fusaric acid were measured for Fv.mx by UPLC coupled to a triple quadrupole mass spectrometer. Chemical profiling and dereplication of phenolic compounds were performed on all the extracts. At the concentration used, all the extracts did not affect or stimulated the mycelial growth of *F. verticillioides*. Inhibitions of the production of fumonisins or fusaric acid were significant with some extracts. On another hand, extracts from *L. edodes* stipe increased the accumulation of fumosins by two to four-fold. Comparisons of the chemical profiles of the extracts was used to search for differences between inhibiting and stimulating extracts. The present work highlights the potential of natural products from cap or stipes of three cultivated mushrooms to inhibit the biomass and mycotoxin production of *F. verticillioides* and *F. proliferatum*. This is a preliminary approach to be followed by fractionation of the extracts to isolate and identify the active compound(s).

Therefore, they could be used for developing an eco-friendly alternative against phytopathogenic Fusarium species and the accumulation of mycotoxins in maize crops.

## Communications affichées

### Sessions 1 et 2

#### 1. SYMMETRIC® : QUANTIFICATION RAPIDE ET PRECISE DE TOUTES LES MYCOTOXINES SUR SITE APRES EXTRACTION SANS SOLVANT

Hergoualc'h Samuel<sup>1</sup>, Papageorgiou Georgios<sup>2</sup>, Enguehard Sylvain<sup>1</sup>, Ntantasios Antonios<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Novakits, Nantes, France

<sup>2</sup> Prognosis Biotech, Larissa, Grèce

Mail de contact : [info@novakits.com](mailto:info@novakits.com)

La présence de mycotoxines dans la chaîne alimentaire est considérée comme un problème majeur de santé publique. Les industriels ont besoin de méthodes fiables pour gérer ce risque au quotidien dans le cadre d'un plan de maîtrise de risque de type HACCP, tout particulièrement sur leurs matières premières. L'utilisation en routine de tests d'autocontrôle estimatifs dans ce cadre ne peut satisfaire les exigences de précision imposées par les règlements (CE) 1881/2006 portant sur la qualité des denrées de consommation humaine, recommandation 2006/576/CE et directive 2002/32/C sur l'alimentation animale. La société Prognosis-Biotech, relayée en France par Novakits, a développé une nouvelle méthode SYMMETRIC® au format bandelette permettant la quantification sur site de toutes les mycotoxines réglementées. L'ensemble du process analytique est constitué d'étapes simples sans mise en œuvre de solvant et ne dure que 10 minutes. Le lecteur S-Flow permet la lecture simultanée de l'ensemble des mycotoxines. À réception sur site de production, l'échantillon de matière première est qualifié vis-à-vis des risques Mycotoxines dans un délai très court. L'industriel peut s'assurer de la conformité du produit fini dès sortie de production, sans délai libératoire induit par l'attente d'un résultat d'analyse. La performance des tests rapides SYMMETRIC® a été notamment déterminée en participant aux essais inter laboratoire indépendants FAPAS sur alimentation animale 04351-01/2019 et céréale 04354-03/2019 ; 04359-05/2019. Pour chacune des mycotoxines (Aflatoxine B1, OTA, ZON, DON, Fumonisines, T2/HT2), sur chaque essai, la valeur rendue se trouve dans la fourchette de +/- 1 z-score, démontrant la précision de la méthode SYMMETRIC® comme au moins équivalente aux méthodes chromatographiques de référence. Cette méthode satisfait aux exigences de la norme EN17025 à laquelle sont soumis les laboratoires accrédités. Cette nouvelle génération de tests quantitatifs au format bandelette permet de mettre en place une gestion optimisée du risque mycotoxines sur site sans aucune concession de qualité. Le format test unitaire quantitatif, extraction sans solvant, lecteur multitoxines intégré, est par ailleurs parfaitement adapté au contexte analytique industriel, coopérative...

#### 2. MYCOTOXIN DETECTION IN PIEMONTE PGI SALAMI DURING RIPENING

Franciosa Irene<sup>1,2</sup>, Coton Monika<sup>2</sup>, Poirier Elisabeth<sup>2</sup>, Jany Jean-Luc<sup>2</sup>, Cocolin Luca<sup>1</sup> and Mounier Jérôme<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Largo Braccini 2, 10095 Grugliasco, Torino, Italy

<sup>2</sup>Univ Brest, Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Écologie Microbienne, F-29280 Plouzané, France

Corresponding author's email: [Irene.Franciosa@etudiant.univ-brest.fr](mailto:Irene.Franciosa@etudiant.univ-brest.fr)

The study was conducted on an artisanal fermented dry cured meat typical of the Piedmont region: *Salame Piemonte*. This product has a Protected Geographical Indication quality label and is manufactured with fresh pork (*Sus scrofa domesticus* L.) and matured for about 50 days. Samples were collected from three different salami productions made without starter cultures. Culturomics and metagenomics approaches were compared to understand the microbial diversity and evolution during this natural fermentation process. Mycotoxin content was also determined during ripening. Based on the fungal microbiota that colonised the surface of sausages, mycotoxin determinations were carried out on casing samples and, if relevant, in meat samples just below to determine if mycotoxin migration occurred. Salami casing samples (1g) were analysed after liquid-solid extractions (using ACN:MeOH:H<sub>2</sub>O) by quadrupole time-of-flight liquid chromatography coupled to mass spectrometry (QTOF LC-MS). In the case of positive samples, meat from the core of the salami (4g) was also analysed. The following extrolites were investigated: patulin, penitrem A, andrastin A, mycophenolic acid, PR toxin, citrinin, ochratoxin A, cyclopiazonic acid, aflatoxin B1, fumigaclavine A, sterigmatocystin, griseofulvin, meleagrin, eremefortins A & B, roquefortine C, citreoviridin and penicillin G. Bacterial and fungal microbiota were clearly different between the 3 batches and distinct species dynamics were observed. Concerning fungal species, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium crustosum*, *Penicillium nordicum* and *Cladosporium* spp. were the main species identified in all samples and may be linked to mycotoxin production

### **3. EFFETS D'UN MAÏS NATURELLEMENT CONTAMINÉ EN DEOXYNIVALENOL ET DE L'APPORT ALIMENTAIRE D'ANTI-OXYDANTS SUR LE STRESS OXYDANT CHEZ LE PORC EN ENGRAISSEMENT.**

Royer Eric<sup>1</sup>, Pinton Philippe<sup>2</sup>, Barbé Florence<sup>3</sup>, Neves Manon<sup>2</sup>, Castex Mathieu<sup>3</sup> et Alibert Laurent<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pôle Techniques d'Elevage, IFIP-institut du porc, 31500 Toulouse, France

<sup>2</sup>Toxalim, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, INP-Purpan, UPS, Toulouse, France. <sup>3</sup>Research and Development Department, Lallemand SAS, Blagnac France 4Pôle Techniques d'Elevage, IFIP-institut du porc, 12200 Villefranche-de-Rouergue, France #Adresse actuelle : Institut de l'Elevage - Idele, Castanet-Tolosan, France

Courriel : [eric.royer@idele.fr](mailto:eric.royer@idele.fr)

La modulation du système antioxydant est l'une des causes des effets physiopathologiques du déoxynivalénol (DON) chez l'animal. L'étude vise à déterminer si l'apport alimentaire d'anti-

oxydants (AO) permet de limiter l'oxydation des lipides et de moduler l'activité des enzymes antioxydantes résultant de l'exposition (Expo) au DON. 160 porcs (30.1 kg PV, 9 semaines d'âge) ont reçu un aliment à base de maïs naturellement contaminé en DON (1896 µg/kg à 88 % MS) ou de maïs témoin, et enrichi (AO+) ou non (AO-) en anti-oxydants (100 UI Vitamine E ; 0,19 mg Se de sélénite Na et 0,20 mg sous forme de levure de sélénium Alkosel®; 500 mg de Fermaid SS® riche en glutathion peroxydase ; 15 mg de Melofeed® riche en superoxyde dismutase), à raison de 8 cases de 5 porcs de même sexe par traitement, puis sont abattus après 91 ou 105 j d'engraissement. Tous les porcs reçoivent à j9 une vaccination contre le circovirus porcin de type 2 (PCV2 ; Ingelvac CircoFLEX®), à l'exception de 10 porcs sentinelles du traitement Témoin AO-. Deux prélèvements sanguins sont effectués sur 48 animaux vaccinés (12 par traitement) et 8 porcs sentinelles afin de déterminer la réponse vaccinale et la concentration en immunoglobulines (à j34 et j 75), ainsi que le statut oxydant (à j40 et j75). La concentration en DON de l'aliment contaminé (calculée à 1480 puis 1490 µg/kg pour les aliments croissance puis finition, respectivement) n'entraîne pas de baisse de l'appétit ou de la consommation journalière, ni d'effet sur le GMQ et l'IC. La concentration en lipides peroxydés est numériquement moins élevée chez les porcs exposés au DON à j40 ( $P=0.15$ ), alors qu'elle est augmentée par le DON à j75 ( $P=0.35$  ; interaction Expo×J,  $P=0.01$ ). La capacité anti-radicalaire est augmentée par l'apport d'antioxydants à j 40 pour le sang total ( $P<0.001$ ) et à j 75 pour les hématies ( $P<0.001$ ), mais n'est pas influencée par le DON. A j34, la réponse vaccinale des porcs sentinelles et des porcs vaccinés recevant l'aliment DON AO- est numériquement plus faible que celle des autres groupes (NS) alors qu'à j75, la concentration en anticorps anti-PCV2 des porcs recevant l'aliment DON AO- est numériquement la plus élevée (NS). Les concentrations sériques en IgA et IgG augmentent significativement entre j34 et j75 ( $P<0.001$ ), et la hausse d'IgG entre les deux prélèvements tend à être plus forte pour les porcs exposés au DON que pour les porcs témoins ( $P=0.08$ ). L'apport d'antioxydants tend à entraîner une moindre teneur en IgA à j34 chez les porcs Témoin ( $P=0.11$ ), alors que les porcs DON AO+ ont une teneur en IgA numériquement plus élevée que les porcs DON AO- (interaction Expo x AO ;  $P<0.10$ ). En conclusion, la contamination naturelle modérée du maïs utilisé n'a pas entraîné de réduction de l'ingestion d'aliment ni d'effet important sur les biomarqueurs du stress oxydant ou du statut immunitaire. Cependant, la capacité anti-radicalaire du sang a été amplifiée par les antioxydants. De nouvelles études sont nécessaires afin d'examiner la capacité des antioxydants à limiter l'impact du DON et plus généralement des mycotoxines.

Mots-clés: déoxynivalénol, porc, stress oxydant, anti-oxydants

#### **4. THE YING AND THE YANG OF FUNGAL DEPSIPEPTIDES : TOXICITY AND THERAPEUTIC APPLICATIONS.**

Olleik Hamza<sup>1</sup>, Ajandouz El Hassan<sup>1</sup>, Hijazi Akram<sup>2</sup>, Baydoun Elias<sup>3</sup>, PerrierJosette<sup>1</sup>, Maresca Marc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, iSm2, Marseille, France

<sup>2</sup>Lebanese University, Doctoral School of Science and Technology, PRASE, Beirut, Lebanon

<sup>3</sup>American University of Beirut, Department of Biology, Beirut 1107 2020, Lebanon

Presenting Author: [m.maresca@univamu.fr](mailto:m.maresca@univamu.fr) / Phone number: 00 33 4 91 28 82 54

Filamentous fungi, although producing noxious molecules, such as mycotoxins that are toxic for humans and animals, have been reported and used to produce numerous drugs active against human diseases. Indeed, fungal-derived products such as paclitaxel, statins or penicillin saved millions of human life. Cyclic fungal peptides, including depsipeptides, are a good example of molecules produced by fungi with potential adverse and positive effects on human health. Although these peptides are not recent and that some are clinically used to treat bacterial infections, comparative study of their activity and toxicity are missing and the mechanism of action involved in their antimicrobial activity is still to identify. We evaluated the antimicrobial activity and toxicity of different fungal depsipeptides using a large panel of micro-organisms and human cells. We found that, although very close structurally, these peptides differ in term of: i) antimicrobial activity and selectivity, ii) toxicity against human cells and iii) mechanism of action. Taken together, these results demonstrate that although some depsipeptides are very toxic and could not be used to treat infection, others are selective and safe and thus can be used to treat human diseases caused by bacterial infections.

### Session 3

#### **1. ANTIFUNGAL AND ANTIATLATOXINOGENIC ACTIVITIES OF *CARUM CARVI L.*, *CORIANDRUM SATIVUM L.* SEED ESSENTIAL OILS AND THEIR MAJOR TERPENE COMPONENT AGAINST *ASPERGILLUS FLAVUS***

Lasram Salma <sup>1</sup>, Zemni Hassène <sup>1</sup>, Hamdi Zohra <sup>1</sup>, Chenenaoui Synda <sup>1</sup>, Houissa Hela <sup>1</sup>, Tounsi Moufida Saidani <sup>2</sup>, Ghorbel Abdelwahed <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Molecular Physiology of Plants, Center of Biotechnology of Borj-Cedria B.P.901 Hammam-Lif 2050, Tunisia.

<sup>2</sup>Laboratory of Bioactives Substances, Center of Biotechnology of Borj-Cedria B.P.901 Hammam-Lif 2050, Tunisia.

Corresponding author's email: [salma.lasram.cbcb@gmail.com](mailto:salma.lasram.cbcb@gmail.com)

**Background:** Aflatoxins (AFs) are a class of mycotoxins produced mainly by the fungal species *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* that infect grains. Prevention procedures during storage are the intrinsic way to guarantee safe products. Nowadays, there is a rejection of chemical pesticides and preservatives as they are regarded responsible for residual toxicity in food products. Hence, it is becoming necessary to find natural substances which can be used as biopreservatives, an alternative to common chemical products. **Objective(s):** With the purpose of searching for biological substances for controlling aflatoxins production in foodstuffs, we assessed the antifungal and antiaflatoxigenic activities of two essential oils (EOs) extracted from *Carum carvi L.*, *Coriandrum sativum L.* seed and their major terpene component against *Aspergillus flavus*. **Methods:** The chemical profiles of *Carum carvi*, and *Coriandrum sativum* EOs were identified through Gas chromatography mass spectrometry analysis where carvone and linalool were respectively, recorded as the major terpene compound (78.85 and 72.34%). The effects of the EOs (0.1 to 0.7% (v/v)) and terpenes (100 to 2000 µg/mL) on the hyphal extension and aflatoxin B1 (AFB1) synthesis of *A. flavus* were tested by contact assay in Yeast Extract Sucrose medium. **Results:** *Carum carvi* EO displayed a higher antimicrobial activity against *A. flavus* than *Coriandrum sativum* EO with a minimum

inhibitory concentration of about 0.4 and 0.7%, respectively. In the presence of 0.3% of EOs, 73.3 and 99.6% inhibition of AFB1 production was recorded, respectively, with *Coriandrum sativm* and *Carum carvi*. The antifungal and antiaflatoxigenic effects of carvone were also more significant than those of linalool ( $p<0.05$ ) with respectively, 64 and 16% of growth rate inhibition and 77.9 and 0.1% of AFB1 synthesis decrease recorded at 1000 µg/mL. Hence, the antifungal and antiaflatoxigenic activities of the two tested EOs were similar to their main terpene component. Conclusions: Seed essential oils proved to be a potential natural source of antifungal and aflatoxin inhibition agent against *Aspergillus flavus*.

## **2. BIOCONTROL AGENTS OF MYCOTOXIGENIC FUNGI : TOOLBOX FOR ELUCIDATING MECHANISMS OF ACTION**

Pellan Lucile<sup>1</sup>, Strub Caroline<sup>1</sup>, Durand Noël<sup>2</sup>, Fontana Angélique<sup>1</sup>, Schorr- Galindo Sabine<sup>1</sup>, Campos-Avelar Ixchel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Qualisud, Univ. Montpellier, CIRAD, Montpellier SupAgro, Univ. Avignon, Univ. La Réunion, Montpellier, France ;

<sup>2</sup> Qualisud, CIRAD, 73 Rue Jean-François Breton, 34398 Montpellier Cedex 5

Presenting author: [lucile.pellan@umontpellier.fr](mailto:lucile.pellan@umontpellier.fr)

One of best way to reduce the mycotoxin content in food and feed is the prevention of their formation in the field. With the decrease in the use of pesticides due to their toxicity, one alternative strategy to fight against mycotoxigenic fungi can be the use of antagonist microorganisms. They can inhibit the fungus growth and the accumulation of mycotoxins. However, the implementation of such measures requires a broad understanding of biological mechanisms that regulate the interaction between mycotoxigenic fungus and biocontrol agents (BCA). To this end, our investigation was focused on combining complementary methods including microbiology, biochemistry and molecular biology techniques. With these objectives in mind, three commercials BCAs were selected (contrasted use and microorganism type; *T. asperellum*, *S. griseoviridis*, *P. oligandrum*) and studied with in vitro confrontation with *F. graminearum* and *F. verticillioides*, respectively trichothecene and fumonisin producer. Growth kinetics and mycotoxin production of pathogens were studied in different experimental conditions. Variable levels of mycotoxinogenesis reduction have been observed depending on the microorganism type of BCAs or on the culture conditions (e.g, different nutritional sources), which suggest contrasted biocontrol mechanisms. On this basis, an experimental toolbox has been developed and used to investigate the mechanisms of BCAs: microscopic imaging, competition, production of antimicrobial compounds, ability to inhibit pathogens spore germination or to degrade mycotoxins. BCAs show contrasted capacities that reveal different attack strategy against pathogen. Hypothesis on the mode of action of BCAs (biocompetiton, mycoparasitism, antibiosis) depending on the BCA and how Fusaria physiology is impacted will be presented. Overall, the results of this study will be used to optimize the performance of marketed BCAs but also facilitate selection and development of new antimycotoxigenic BCAs that may help to limit the accumulation of mycotoxins in cereals as well as the residues of plant protection chemical products, which is a double health safety objective.

### **3. TRAITEMENTS ALTERNATIFS DES POMMES EN CONDITIONS DE STOCKAGE POUR REDUIRE LA CONTAMINATION DES PRODUCTIONS PAR *PENICILLIUM EXPANSUM* ET LA PATULINE**

Reem Al Riachy<sup>1</sup>, Laura Settier-Ramirez<sup>2</sup>, C. Strub<sup>1</sup>, A. Fontana<sup>1</sup>, Felicie Lopez-Lauri<sup>3</sup>, Sabine Schorr-Galindo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Qualisud, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier SupAgro, Univ d'Avignon, Univ de La Réunion, Montpellier, France.

<sup>2</sup> Packaging Lab, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, IATA-CSIC, Av. Agustín Escardino 7, 46980, Paterna, Spain.

<sup>3</sup> Qualisud, Univ d'Avignon, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier SupAgro, Univ de La Réunion, Montpellier, France.

La pourriture bleue des pommes est une maladie post-récolte qui entraîne des pertes économiques importantes. Elle est causée par un champignon, *Penicillium expansum*, capable de produire la patuline, une molécule hautement毒ique contre l'homme et les animaux. Ce champignon est présent à la surface des pommes au verger mais ne peut attaquer la pomme qu'après la récolte suite à une altération de l'épiderme.

Le principal moyen de contrôler cette maladie est l'utilisation des fongicides, leur utilisation accrue peut cependant conduire à la formation des espèces fongiques résistantes. De plus, la préoccupation publique en matière de sécurité sanitaire des aliments et de l'environnement a engendré des restrictions réglementaires sur l'utilisation de ces fongicides et ont poussé au développement de méthodes alternatives de contrôle. La lutte biologique constitue une stratégie alternative prometteuse aux fongicides, notamment, par l'utilisation de levures à effet antifongique. Ces levures antagonistes sont naturellement présentes aux vergers et à la surface des pommes et possèdent une capacité de croissance et de colonisation des blessures très élevées. Une autre méthode alternative à l'utilisation des fongicides est le traitement par la lumière qui permet un effet inhibiteur de la croissance fongique et de la biosynthèse des mycotoxines. Ainsi, l'objectif de ce travail est de tester des souches de levures, isolées de la surface des pommes échantillonées à plusieurs étapes post-récolte, qui présentent des effets antagonistes contre *P. expansum* ainsi que d'étudier l'effet de la lumière UV sur la croissance du pathogène. Et ceci dans le but de développer des méthodes de luttes contre la contamination des pommes par *P. expansum* et sa patuline dans les zones de stockage. Dans un premier temps, différents lots de pommes destinées à la production de compotes et de cidres, ont été échantillonnés au verger et aux différentes étapes post récolte et les microorganismes de surface ont été quantifiés et isolés. Les levures isolées ont ensuite été confrontées à *Penicillium expansum* *in vitro* pour tester leurs effets antifongiques. Deux souches de levures étaient capables d'inhiber la croissance et la toxinogenèse de *P. expansum* et ont été sélectionnées puis testées sur des pommes inoculées par le pathogène et ceci par pulvérisation, enrobage ou trempage de suspensions de levures. Des réductions de croissance et de toxinogenèse ont ainsi été constatées dans différentes conditions de traitements biologiques, l'enrobage permettant une meilleure viabilité des levures. La lumière UV a aussi montré son efficacité pour réduire la croissance de *P. expansum*.

Mots clés : Biocontrôle, *Penicillium expansum*, pommes, traitements post récolte.

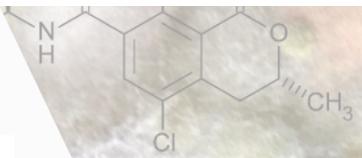
#### **4. UTILISATION D'EXTRAITS VEGETAUX POUR LA MAITRISE DU RISQUE MYCOTOXIQUE DANS LES SYSTEMES AGRO-ALIMENTAIRES**

Chelaghema Asma<sup>1</sup>, Strub Caroline<sup>1</sup>, Schorr-Galindo Sabine<sup>1</sup>, Poucheret Patrick<sup>1</sup>, MichelAlain<sup>1</sup>,  
Fontana Angélique<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Qualisud, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier SupAgro, Univ d'Avignon, Univ de La Réunion, Montpellier, France.

Courriel de l'auteur correspondant : [asma.bio18@gmail.com](mailto:asma.bio18@gmail.com)

Les plantes produisent une multitude de composés bioactifs (terpénoïdes, composés phénoliques, alkaloïdes, etc.) issus de leur métabolisme secondaire et pouvant servir de moyens de défense contre différentes agressions environnementales. Ces métabolites font désormais l'objet d'attention car ils peuvent être utilisés pour contrôler le développement fongique et la production de mycotoxines dans les produits agricoles et représentent ainsi une intéressante stratégie alternative aux pesticides chimiques de lutte contre ces contaminants des aliments. La plupart des extraits actifs contre la synthèse de mycotoxines caractérisés à ce jour sont plutôt de nature lipophile, telles les huiles essentielles (HE) et leurs constituants, mais il existe aussi des extraits des plantes riches en polyphénols et possédant des propriétés antioxydantes qui peuvent également être intéressantes dans le contrôle de la contamination fongique et/ou mycotoxique. L'objectif de cette étude est d'évaluer les activités antifongiques et anti-mycotoxiques de *Cymbopagon shoenanthus*, *Cymbopagon nardus* et *Eucalyptus camaldulensis* HE ainsi que le produit d'Antoférine® contre trois souches fongiques filamenteuses, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus carbonarius* et *Fusarium verticillioides*. Concernant les huiles essentielles les expériences ont été réalisées de 2 manières. D'une part, les souches fongiques ont été cultivées en boîtes de Pétri sur du milieu PDA (Potatoe Dextrose Agar) contenant différentes concentrations de chaque HE testée (0, 0,25, 0,5 et 1 µL/mL). D'autre part, des disques de cellulose (6 mm de diamètre) ont été imprégnés de 5 et 10 µL d'HE et placés dans le couvercle des boîtes de Pétri inoculées avec les souches fongiques. Concernant le produit Antoférine®, les souches fongiques ont été cultivées en boîtes de Pétri sur du milieu PDA contenant différentes concentrations d'Antoférine® (0, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 et 30 g/L). Les résultats ont montré que les 3 HE et le produit d'Antoférine® avaient un effet sur la croissance et la production de mycotoxines de toutes les souches (AFB1 par *Aspergillus flavus*, OTA par *Aspergillus carbonarius* et FB1 par *Fusarium verticillioides*) en particulier à la concentration de 1 µL/mL pour les HE et à partir de 1 g/L pour le produit Antoférine® sauf pour la souche *Aspergillus carbonarius*. Les COV (composés organiques volatils) des HE ont également montré un effet inhibiteur sur la croissance et la production de mycotoxines de toutes les souches testées.



## PARTENAIRES



Dynamic Test Kits for R&D  
and Quality Control



Agilent  
Technologies

Thermo Fisher  
SCIENTIFIC



ésiab  
ÉCOLE D'INGÉNIEURS