



**HAL**  
open science

## MycSA - Mycologie et sécurité des aliments

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. MycSA - Mycologie et sécurité des aliments. 2015, Institut national de la recherche agronomique - INRA. hceres-02033811

**HAL Id: hceres-02033811**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033811>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# HCERES

Haut conseil de l'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Entités de recherche

Évaluation du HCERES sur l'unité :

Mycologie et Sécurité des Aliments

MycSA

sous tutelle des

établissements et organismes :

Institut National de la Recherche Agronomique - INRA

# HCERES

Haut conseil de l'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Entités de recherche

*Pour le HCERES,<sup>1</sup>*

Didier HOUSSIN, président

*Au nom du comité d'experts,<sup>2</sup>*

Joëlle DUPONT, présidente du comité

---

En vertu du décret n°2014-1365 du 14 novembre 2014.

<sup>1</sup> Le président du HCERES "contresigne les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts et signés par leur président." (Article 8, alinéa 5)

<sup>2</sup> Les rapports d'évaluation "sont signés par le président du comité". (Article 11, alinéa 2)

# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité :	Mycologie et Sécurité des Aliments
Acronyme de l'unité :	MycSA
Label demandé :	UR
N° actuel :	1264
Nom du directeur (en 2014-2015) :	M. Jean-Michel SAVOIE
Nom du porteur de projet (2016-2020) :	M. Jean-Michel SAVOIE

## Membres du comité d'experts

Président : M<sup>me</sup> Joëlle DUPONT, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris

Experts : M. Eric RECORD, INRA/Aix-Marseille Université (représentant CSS INRA)  
M. Massimo REVERBERI, Università Sapienza, Roma, Italie

Délégué scientifique représentant du HCERES :

M. Jean-François HOCQUETTE

Représentants des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Christian LANNOU, INRA, département Santé des Plantes et Environnement (SPE)

M<sup>me</sup> Emmanuelle MAGUIN, INRA, département Microbiologie et Chaîne Alimentaire (MICA)

M. Roger MARTHAN (représentant de l'École Doctorale « Sciences de la vie et de la santé » - SVS - ED n° 154)

## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

L'unité MycSA est une unité de recherche finalisée. Elle relevait initialement de trois départements de recherche de l'INRA, « Santé des Plantes et Environnement » (SPE), « Microbiologie et Chaîne Alimentaire (MICA) et « Caractérisation et Élaboration des Produits de l'Agriculture » (CEPIA), ce dernier s'étant désengagé en 2006. Elle a été structurée en deux équipes « Mycotoxines et Sécurité Sanitaire des Grains » (MQSG) et « Biologie et Génétique des Champignons Macroscopiques » (BGCM) jusqu'à décembre 2013. En réponse à la lettre de mission de l'INRA pour la période 2011-2015, elle a réduit progressivement les thématiques développées sur les agarics, ce qui a conduit à la non reconduction de l'équipe BGCM dans le projet de l'unité. Les compétences de cette équipe ont été transférées sur la modulation de la toxogénèse des *Fusarium* dans les céréales à petits grains et le maïs. L'unité fonctionne maintenant en mode projet selon trois thèmes de recherche. L'unité est localisée dans le bâtiment QUALIS sur le campus vert de l'INRA Bordeaux-Aquitaine.

### Équipe de direction

L'équipe de direction est inchangée depuis le dernier contrat. La direction est assurée par M. Jean-Michel SAVOIE (DR INRA), assisté d'une directrice adjointe, M<sup>me</sup> Florence FORGET-RICHARD (DR INRA). Une cellule de gestion et d'appui à la recherche épaula la direction.

### Nomenclature HCERES

SVE1\_LS1 Biologie moléculaire et structurale, biochimie.

SVE1\_LS2 Génétique, génomique, bio-informatique.

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité (ETP entre parenthèses)	Nombre au 30/06/2014	Nombre au 01/01/2016
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1 (1)	1 (1)
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	8 (7,5)	6 (6)
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	16 (15)	17 (16)
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>25 (23,5)</b>	<b>24 (23)</b>

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2014	Nombre au 01/01/2016
Doctorants	6	
Thèses soutenues	7	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

L'unité MycSA a effectué sa réorganisation sur une thématique unique souhaitée par les tutelles, centrée sur un objectif agronomique prioritaire, la maîtrise du risque mycotoxines des céréales. Cette réorganisation est cependant trop récente pour que la transition soit totalement aboutie. Le redéploiement des compétences existantes, l'acquisition de compétences nouvelles par formation et recrutements, et l'établissement de nouvelles collaborations ont déjà permis l'inflexion vers des thématiques plus fondamentales basées sur des approches plus moléculaires et globales. L'effectif du personnel technique et administratif est de 15 ETPs pour un effectif de personnels scientifiques de 14,5 ETPs (9 permanents - 6 doctorants). Une forte implication dans la réponse aux appels d'offre a permis d'obtenir plusieurs financements nationaux et internationaux. MycSA a renforcé sa visibilité par la participation à des réseaux européens (PURE, REX EDIT), l'organisation de 3 conférences internationales et son engagement dans le montage et la coordination du projet INSURE qui sera bientôt soumis à H2020. Elle a accru significativement son niveau de publication avec un effort pour publier dans des journaux généralistes de très bons niveaux. MycSA est bien implantée dans le contexte universitaire de Bordeaux (Structure Fédérative de recherche en Biologie Intégrative et Écologie et École Doctorale Science de la Vie et Santé), ce qui lui donne accès aux plateformes techniques et une ouverture sur la vie scientifique locale. En assurant l'animation des réseaux Fusatox et RMT Qualité sanitaire des productions végétales de grande culture (Quasaprove), l'unité joue un rôle moteur dans son domaine d'activité sur les fusariotoxines.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité a structuré sa recherche selon 3 axes complémentaires correspondant aux différentes voies d'approche pour répondre aux objectifs du projet. Le personnel scientifique est affecté à un ou deux axes selon ses compétences, ce qui assure un lien entre les axes. L'appui technique et administratif semble correct et permet de soutenir le projet scientifique. L'unité propose d'améliorer l'intégration scientifique des personnels techniques aux projets de recherche. L'unité s'est recentrée sur des thématiques plus fondamentales (50 % de son activité relève de la recherche académique) et a renforcé l'utilisation des technologies les plus performantes, notamment « omiques » dans ses approches. Pour mener à bien ces travaux, MycSA bénéficiera du soutien de plateformes locales et nationales. L'unité s'est davantage ouverte à la collaboration internationale par la participation à des projets européens et internationaux, ce qui devrait augmenter l'attractivité de l'unité pour les doctorants et post-doctorants étrangers.

Face à la politique du risque zéro qui se développe sur les mycotoxines, la thématique de recherche de MycSA est très porteuse et devrait pouvoir mobiliser des financements publics ou privés. L'unité est en contact étroit avec les acteurs de la filière par le biais de réseaux nationaux bien organisés et soutenus par les tutelles (30 % de son activité concerne les interactions avec l'environnement, plus explicitement en partenariat avec des entreprises privées).

### Points faibles et risques liés au contexte

Le changement de thématique a constitué une rupture pour les chercheurs concernés qui a imposé une ré-insertion dans une nouvelle communauté scientifique et, pour certains, la formation à de nouvelles méthodologies. Un renforcement est souhaitable dans les domaines de l'écologie microbienne / métagénomique et de la génomique-transcriptomique / métabolomique. Lors de son analyse critique, l'unité mentionne l'insuffisance de capacités pour la gestion et l'analyse bio-informatique (le comité d'experts confirme ce besoin) ainsi qu'un accès trop limité au dispositif d'expérimentation sur plantes. L'unité fait part de son inquiétude pour le financement des analyses de plus en plus externalisées sur des plateformes ou en sous-traitance. Compte-tenu des effectifs de MycSA (15 ETPs techniques et administratifs/8,5 ETPs scientifiques permanents), l'accueil de doctorants pourrait être optimisé sachant qu'aucune suggestion concrète n'est proposée pour le prochain exercice. L'unité mentionne la difficulté d'accéder aux financements régionaux en particulier aux bourses de thèses. Il n'est pas mentionné dans le rapport de la concurrence scientifique sur le domaine et comment l'Unité fera face à celle-ci dans son projet.

### Recommandations

Le comité d'experts recommande :

- de proposer des formations aux techniques "omiques", à la bio-informatique et à la sécurité alimentaire aux personnels de l'ancienne équipe BGCM pour mieux harmoniser leur expertise préalable à celle requise.
- de proposer une formation à la gestion de la recherche en mode projet.
- de recruter deux post-docs, un bio-informaticien pour aider au développement du thème sur l'assemblage et l'annotation des génomes, l'analyse des données d'expression, etc., le second pourrait s'impliquer dans la mise en œuvre de la partie contrôle biologique des champignons toxigènes, qui est une voie de recherche vraiment importante pour la maîtrise des mycotoxines dans la prochaine décennie.
- d'impliquer d'avantage le personnel du centre de métabolomique et de génomique de Bordeaux, en leur proposant d'être partenaires des contrats. De cette façon, MycSA pourrait former le personnel de ces plateformes à ses propres besoins. En fait, l'interprétation des résultats générés par les technologies "omiques" souffre souvent d'un manque de connaissances de base de la personne qui physiquement pratique les analyses bio-informatiques. Ainsi, l'encadrement scientifique par les chercheurs de MycSA dans leurs domaines d'expertise (mycotoxines, sécurité alimentaire, génomes fongiques, ...) garantirait une exploitation plus appropriée de la masse énorme de résultats générés par ces techniques.
- de demander un espace dédié (i.e. temps et argent) à la Plateforme de Métabolomique du centre de Génomique Fonctionnelle de Bordeaux pour améliorer les capacités d'analyse de MycSA.
- pour augmenter le nombre de doctorants, de demander la création ou mieux, revoir les contenus des modules existants en Biotechnologie des champignons du Master Biologie et Biotechnologie des Plantes et des Champignons (BBPC) pour y intégrer de la sécurité alimentaire.

Le comité d'experts pose la question de la possibilité de formaliser une veille scientifique sur la thématique « Agarics » de façon à répondre aux demandes d'expertises encore nombreuses, sachant que les compétences qui subsistent à MycSA sont uniques en France et en Europe.

### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les approches scientifiques ont considérablement évolué au cours du contrat. Des approches globales, parmi les plus modernes, ont été développées grâce aux technologies « omiques », de spectrométrie de masse et de génotypage pour décrire aux niveaux génomiques et métaboliques les *Fusarium* pathogènes et leurs antagonistes potentiels. MycSA dispose actuellement de 6 génomes complets de *Fusarium graminearum* représentatifs de la diversité génétique et du potentiel toxigène, qui représentent des outils puissants pour l'exploration fonctionnelle. Ces nouvelles approches ne peuvent se développer que sur la base de protocoles robustes pour l'isolement, la caractérisation génomique et métabolique des *Fusarium* en interaction avec leur environnement, et l'isolement d'antagonistes naturels. Un recrutement en génomique et la réorientation d'un chercheur BGCM en métagénomique sont venus renforcer cette stratégie. Ces approches impliquent un changement d'échelle et donc de nouveaux paradigmes de travail. Elles vont permettre notamment d'évaluer le poids des interactions entre espèces (plante/champignons/bactéries) dans la composition des communautés microbiennes et bien sûr dans les processus biochimiques liés à la toxigénèse. Les approches transcriptomiques et métabolomiques sont explorées pour l'étude des facteurs physicochimiques et de composés endogènes des grains sur les voies de biosynthèse des TCTB et des fumonisines respectivement. MycSA renforce ainsi sa fonction de tête de réseau de l'INRA sur les fusariotoxines.

La forte activité sur les agarics montre l'attachement des chercheurs à cette thématique et leur implication forte au niveau international (4 doctorants accueillis avec bourses étrangères) autant pour l'assemblage et l'annotation du génome d'*Agaricus bisporus*, l'optimisation de la culture des espèces comestibles et médicinales que pour la description taxonomique (description d'une dizaine d'espèces nouvelles) et phylogénétique de ce genre (proposition d'une nouvelle classification). L'implication de l'équipe BGCM dans le séquençage du génome d'*A. bisporus* a permis de progresser sur la connaissance des génomes nucléaires et mitochondriaux de l'espèce, et de définir des outils adaptés à des études génétiques, par exemple l'hybridation entre des mycéliums implantés et des spores d'autres souches dans le but d'identifier les moteurs de la reproduction et de la propagation de cette espèce. Le comité d'experts félicite l'équipe pour leur contribution dans l'article paru dans PNAS. Elle a aussi permis d'explorer le génome de l'espèce médicinale voisine, *A. subrufescens*. Des résultats très nouveaux et valorisables montrent que le génotype des souches d'*A. subrufescens* semble être déterminant dans le potentiel de colonisation et de fructification, et semble influencer la réponse à des fluctuations de température (facteur important pour l'induction de la fructification, également testé sur *A. bisporus* var. *bisporus* et *A. bisporus* var. *burnettii*) et la qualité chimique des carpophores. Ces caractères seraient transmissibles génétiquement.

MycSA a poursuivi l'enrichissement de ses deux collections, uniques en Europe, par l'accroissement du nombre de souches et d'espèces (dépôt des souches-type des espèces d'agarics nouvellement décrites) mais également par une caractérisation phénotypique (chénotype et potentiel toxigène) et génotypique fine de ces souches (en particulier des *Fusarium*). La collection de *Fusarium* a rejoint le réseau de ressources microbiennes de l'INRA et a été transférée au CIRM champignons filamenteux géré par l'UMR 1163 BCF à Marseille et un catalogue électronique est en cours de mise en place. Le rapport ne mentionne pas l'avenir de la collection CGAB.

Les études sur *Fusarium* ont été développées principalement dans le contexte de projets de recherche collaboratifs sur financement européen (PURE Project FP7-KBBE-2010-4), national (FSO CASDAR (s), ANR Monimaize and DON & Co, du Conseil Régional Aquitaine, des tutelles (INRA SPE) et de projets en partenariats avec des entreprises privées (4 CIFRE en partenariat avec Euralis, Arvalis Plant Institute, Lallemand, Monsanto), et des collaborations internationales avec programmes d'échange (TASSILI, Imhotep). Tous les projets s'insèrent dans deux réseaux structurants sur les contaminants des céréales, FUSATOX et RMT Quasaprove. De même la recherche sur Agarics a été développée dans le cadre de collaborations internationales avec des programmes d'échanges (ECOS-Nord Mexique, PHC SIAM), des projets avec financements (Bio-Asie, Rex-EDIT), ANR-Blanc international avec le Mexique (AgaSub) et la participation au consortium de séquençage du génome d'*Agaricus bisporus*.

L'analyse bibliométrique montre que 81 % des productions de l'unité sont des productions scientifiques, 15 % sont des produits destinés à des acteurs du monde social, économique et culturel. Huit thèses et deux HDR ont été soutenues. La production globale ACL (répertoriées dans ISI Web of Knowledge) de l'unité (42 articles BGCM qui ne seront pas comptabilisés dans les thèmes étant donné la non reconduction de l'équipe + 37 articles MQSG) se concentre sur 3 catégories thématiques principales, mycologie, biotechnologie & mycologie appliquée et sciences alimentaires & technologie. Le niveau des revues est en nette progression par rapport au contrat précédent, puisque 57 % des articles ont été publiés dans des revues de notoriété exceptionnelle ou excellente (25 % dans des revues correctes). Parmi les autres articles, beaucoup ont été consacrés à des descriptions taxonomiques. Suite au repositionnement thématique et aux nouvelles approches, les orientations thématiques des publications devraient se



concentrer sur la phytopathologie, la génomique, la biologie moléculaire des interactions et vers des revues généralistes internationales de très haut niveau.

#### Appréciation synthétique sur ce critère

La production scientifique est excellente tant en nombre d'articles qu'en qualité. Le comité d'experts félicite l'unité pour leur effort de valorisation des résultats de la recherche.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Dans sa nouvelle structuration, MycSA a le désir d'affirmer sa volonté de recherche partenariale à l'international. Elle a participé au projet européen PURE (FP7-KBBE-2010-14) et coordonne cette année le montage d'un projet européen (INSURE - Integrated solutions to reduce mycotoxin contamination of European cereals) dans l'appel d'offre H2020. Les autres projets sont au niveau national. On note la coordination de deux projets ANR, et de projets du Ministère de l'agriculture ou le Ministère des affaires étrangères. On félicite l'Unité pour l'action de coordination de la majorité des contrats. Toutefois, il aurait été judicieux de mettre en référence chacun des programmes de recherche et de les adosser au bilan pour que l'on puisse apprécier du taux de financement de chaque thème de recherche.

L'unité est motrice dans la construction et la mise en place de réseaux, elle coordonne le réseau INRA Fusatox qui est un réseau d'animation portant sur la contamination des céréales par *Fusarium* et proposant aux partenaires des appels d'offre à des projets de recherche. L'unité co-anime le réseau Quasaprove portant sur la qualité sanitaire des productions végétales de grande culture qui a pour vocation de créer du lien entre le monde de la recherche, le secteur appliqué et la formation (Centre Technique, École et organismes professionnels). Ces actions ont donné lieu par exemple au projet ANR DON&Co (2010-14) coordonné par MycSA. Cependant, l'Unité ne donne pas d'indication sur le dépôt de projets pour l'ANR 2015. En outre, le comité d'experts se pose la question de savoir si l'unité a une réflexion pour participer à ou créer un réseau au niveau européen en parallèle du projet européen. Le comité d'experts note l'organisation de nombreux événements avec 4 conférences au niveau national (Journée des mycotoxines 2012) et internationale (Conference of Mushroom Biology and Mushroom products 2011, *Fusarium* Seminar 2013 et Conference on Integrated Protection of Stored Products 2013), c'est un très bon bilan pour le rayonnement de l'Unité au niveau national et international.

On note le passage ponctuel de chercheurs ou post-doctorants étrangers sur de courtes périodes qui montrent donc l'attrait des thématiques de l'unité, mais l'unité devra avoir une réflexion plus active sur l'apport que pourront amener ces chercheurs « experts » en complément des doctorants pour l'avancement des nouvelles techniques « omiques ». Cette réflexion doit être mise en place dans le projet européen en cours de montage mais doit être amorcée également dans les projets nationaux.

L'unité, reconnue dans ses recherches que ce soit sur les agaricales ou les mycotoxines, est sollicitée pour l'expertise de projets de recherche et d'avancement des chercheurs à l'étranger, et au niveau national pour FranceAgriMer, mais il est difficile de juger du niveau de sollicitation au vu du rapport. Le comité d'experts note qu'un chercheur senior a été membre de l'EFSA au sein du groupe Qualified Preemption of Safety (jusqu'en 2013, mais la durée n'est pas stipulée).

Concernant la politique des revues et de la direction éditoriale, l'unité publie en majorité dans les domaines de la biotechnologie et microbiologie appliquée, de la mycologie et des sciences et technologies alimentaires. Un peu moins de la moitié des revues sont dans ces domaines. Il peut donc y avoir un peu de dispersion, mais la nouvelle structuration de l'unité devrait faciliter la lisibilité de celle-ci dans un groupe de journaux plus ciblés. Dans le rapport fait par MycSA, on note que 57 % des publications sont publiées dans des journaux de rang excellent à exceptionnel. Un quart sont des revues de rang correct. Des publications à plus bas facteur d'impact correspondent à des travaux de taxonomie car les journaux correspondants ont moins d'impact sur le monde scientifique, mais sont d'intérêt pour cette communauté. Le travail de lisibilité de l'unité au niveau des publications pour figurer dans de bons journaux doit continuer et le comité d'experts encourage l'unité à cibler encore plus les journaux sélectionnés pour accroître ce bon résultat. Le rapport ne stipule pas de direction éditoriale au niveau de l'unité.

#### Appréciation synthétique sur ce critère

Le rayonnement et l'attractivité académiques sont excellents si l'on tient compte du nombre de projets de recherche, de la coordination de réseaux nationaux et internationaux, de l'organisation de 3 colloques internationaux, de l'accueil de chercheurs et de doctorants et des prix et distinctions obtenus par certains membres de l'unité.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Par le biais de l'animation des réseaux Fusatox et Quasaprove, MycSA est très implanté dans le maillage des acteurs économiques. La poursuite des travaux du réseau Quasaprove a été validée par la DGER sur la période 2014-2018, avec une amplification des activités sur l'aval des filières. MycSA joue un rôle fédérateur entre les partenaires du RMT, mais est aussi acteur, pour des actions de recherche finalisée (accueil de 4 doctorants CIFRE, réponse à des appels d'offre CASDAR entre autres), de transfert de savoir-faire et de formation technique (MycSA accueille des formations de fumigateurs pour les opérateurs dans les industries agricoles et alimentaires, qui sont assurées par l'intermédiaire de Bordeaux Sciences Agro, et a co-organisé le séminaire « gestion des contaminants et organismes indésirables dans les productions végétales de grande culture »). MycSA participe par ailleurs à des comités scientifiques et techniques d'instituts techniques (Centre Technique du Champignon, ANIFELT). MycSA s'investit dans des contrats de recherche sur financements privés et répond à des expertises pour l'Office FranceAgriMer.

Par le biais du réseau Fusatox, MycSA est en interaction avec des Instituts techniques tels que ARVALIS Institut du Végétal et l'Institut Français des Boissons, de la Brasserie et de la Malterie, le GEVES et l'ANSES.

### Appréciation synthétique sur ce critère

L'unité est très implantée dans le maillage des acteurs économiques nationaux par le biais de l'animation des réseaux Fusatox et Quasaprove et a une reconnaissance incontestable au niveau européen. L'ensemble de ces interactions lui permet d'atteindre un niveau excellent.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

Le comité d'experts souligne l'effort de réorganisation de MycSA sur une thématique unique en réponse à la lettre de mission de l'INRA. Cette réorganisation est cependant trop récente pour que la transition soit totalement aboutie. Les compétences internes ont été redéployées et acquises pour une diversification des méthodes d'approche, par des formations spécifiques, nécessaires au développement de la métagénomique par exemple, et des recrutements dans les domaines de la génomique, bio-informatique, épigénétique, protéomique et physiologie. La stratégie de recrutement a permis d'augmenter le nombre de scientifiques de catégorie A (2 départs IE/3 recrutements CR/MC et un recrutement IE) au détriment des catégories techniques B et C (6 départs/2 recrutements). MycSA dispose actuellement d'un effectif de 14 chercheurs (9 chercheurs + 5 IG) épaulés par 9 techniciens recherche. La pyramide des âges montre un vieillissement de l'équipe puisque plus de la moitié du personnel est âgée de plus de 45 ans. En dehors de leur activité principale, les agents sont missionnés sur des fonctions d'appui interne spécifiques ( $\leq 15\%$  de leur temps). Ces compétences sont particulièrement bien renouvelées et mises à jour par une stratégie efficace de formation (2400 heures sur la période 2009-2013) dans les domaines de l'appui à la recherche, l'hygiène et sécurité et la communication. Compte-tenu de ces missions, et des temps partiels, environ 6,5 ETP de techniciens sont dédiés à l'appui technique et scientifique aux programmes de recherche des 5 ETP chercheurs et 3,5 ETP ingénieurs (1 ETP par IR et  $\frac{1}{2}$  ETP par IE).

Il est indéniable que la restructuration apporte une plus grande cohérence scientifique, une meilleure visibilité sur la thématique mycotoxines et un potentiel accru pour diversifier les approches et pour répondre aux appels d'offre et aux échanges nationaux et internationaux. La direction est cependant consciente des difficultés de management dans l'intégration de personnels dans les nouvelles thématiques.

L'unité est dirigée de façon collégiale. La direction est assurée par M. Jean-Michel SAVOIE assisté de M<sup>me</sup> Florence FORGET et d'une cellule d'appui. Les décisions importantes pour la vie de l'unité sont prises au sein du conseil d'unité et lors d'assemblées générales du personnel (8-10 réunions par an). Les comptes-rendus sont diffusés à toute l'unité via la liste de diffusion mail de l'unité. La description de la politique scientifique et des axes de recherche de MycSA est affichée clairement sur la page web et les actualités sont mises à jour.

Des animations scientifiques sont organisées régulièrement, par exemple pour la restitution des travaux de stagiaires et la présentation des publications des chercheurs de l'unité, et en fonction des circonstances, des conférenciers extérieurs sont invités. La participation aux séminaires bimensuels organisés par la SFR Biologie Intégrative et Écologie, est fortement encouragée.

L'unité dispose de locaux récents (mais coûteux en fluides), de plateaux techniques équipés et de ressources biologiques spécifiques (2 mycothèques spécialisées). MycSA a accès aux plateformes locales (centre de génomique fonctionnelle de Bordeaux : plateformes Génome-Transcriptome et Métabolome) ou à l'échelon national (plateformes du Réseau National de Bio-informatique (ReNaBi), MIGALE - INRA Jouy en Josas et GenoToul en Midi-Pyrénées, la Spectropole de l'Université Aix-Marseille et la plateforme technologique de l'IECB - Institut Européen de Chimie et

Biologie). Par le biais de Quasaprove, l'unité peut accéder au réseau de parcelles expérimentales. MycSA s'appuie sur le réseau des CIRM pour la diffusion et la valorisation de sa collection de Fusarium.

Les ressources financières sont mutualisées, tout en veillant à ce que les programmes de recherche financés spécifiquement puissent se réaliser. Sur les années 2012 et 2013, la masse salariale représentait une part considérable du budget récurrent attribué par les établissements de rattachement (plus de 93 %), et particulièrement par l'INRA, et environ 20 % des budgets sur programmes de recherche et autres contrats. Le fonctionnement représente plus de 90 % des budgets hors salaires, la part issue des budgets récurrents diminuant de 43,6 % en 2012 à 33,5 % en 2013. L'investissement provient majoritairement des financements ANR et des collectivités territoriales. Les départements de recherche INRA aident à cofinancer les équipements par des crédits spécifiques attribués à l'unité. L'unité bénéficie d'investissements dans divers collectifs.

#### Appréciation synthétique sur ce critère

L'organisation de l'unité est bonne mais le comité d'experts ne perçoit pas bien la restructuration de l'unité à partir d'une logique d'équipes vers une logique de thèmes. Le comité d'experts encourage l'unité à réfléchir de façon active au management en mode projet.

#### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'unité est rattachée à l'ED 154 Science de la Vie et Santé (SVS) de l'Université de Bordeaux. Les chercheurs de MycSA participent activement au concours de l'ED en vue de l'obtention de contrats doctoraux mais sont, en fait, peu impliqués dans l'enseignement (1 MC et 2 chercheurs). Malgré tout, les thématiques de l'unité sont attractives, avec 9 doctorants sur la période évaluée, dont 3 en cours. L'encadrement est favorable puisque la majorité des chercheurs sont habilités (6 HDR et 1 Aptitude à Diriger une Thèse). Les comités de suivi de thèse sont fonctionnels. La plupart des thèses ont été soutenues dans le délai en vigueur de 3 ans, avec un bon niveau de publication (2 à 5 articles) dont les doctorants sont premiers auteurs. Ces thèses sont financées par des contrats CIFRE, des contrats Région/INRA, des bourses étrangères via des collaborations et 1 contrat doctoral (point positif à souligner pour une UPR). Après soutenance, les docteurs sont pour la plupart engagés pour des durées de plus de 2 ans dans la recherche publique ou privée.

Le comité d'experts a noté que les doctorants sont satisfaits de leur intégration et encadrement dans l'unité. Ils ont eu l'opportunité de participer à des congrès internationaux. Deux doctorants ont été récompensés pour leurs présentations lors de la journée de l'École Doctorale SVS (2013) et lors d'un congrès international (2012).

Un effort de formation en amont est assuré par l'accueil, en moyenne, de 2 à 3 M1 et 3 M2 par an. Les étudiants M1 et M2 accueillis viennent des spécialités « Microbiologie et immunologie » et « Biotechnologies végétales ». L'unité est également un laboratoire d'adossment du Master 2 « Bioprotection » de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.

#### Appréciation synthétique sur ce critère

L'implication de MycSA dans la formation à la recherche a atteint un excellent niveau compte tenu du nombre de masters et de doctorants encadrés sur la période évaluée. Les thèses, en particulier, répondent aux critères demandés par l'ED SVS (bon encadrement conduisant à la soutenance dans les délais, nombre et notoriété des publications excellents pour le domaine). Malgré tout, le comité d'experts s'interroge sur la possibilité que les chercheurs de l'unité puisse s'impliquer d'avantage dans l'enseignement.

#### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet est ambitieux en particulier dans la situation du repositionnement de personnels BGCM. La taille de l'équipe, avec 9 chercheurs, 5 ingénieurs, 9 techniciens et 5 doctorants, paraît suffisante pour développer les activités proposées. Cependant, à l'examen des compétences, des types de publications et des équipements présents, il apparaît nécessaire que le groupe soit renforcé dans le domaine de l'écologie microbienne, de la microbiologie appliquée ainsi qu'en bioinformatique, pour garantir le succès des engagements. La solution pourrait être le recrutement de deux post-docs, l'un en bioinformatique et l'autre en écologie microbienne. Ce dernier, serait particulièrement utile à l'axe 3 « Biodiversité fongique et interactions biotiques affectant la synthèse et la dégradation des métabolites secondaires fongiques » qui représente la partie à risque du projet étant donné l'expertise actuelle du groupe. Le post-doc en bioinformatique pourrait combler le gap qui existe actuellement entre la masse de données brutes générées et les objectifs, en s'investissant dans l'assemblage, la comparaison de génomes

et le décryptage concernant la régulation des gènes. Le comité d'experts recommande par ailleurs une plus forte implication de doctorants au niveau national et international. L'accueil de doctorants européens pourrait être un facteur très stimulant pour le groupe.

Les tutelles et la direction du centre INRA de la Grande Ferrade, réceptifs aux demandes en moyens bioinformatiques émanant des unités, animent des réflexions sur ce besoin.

Un des points forts de l'unité est sa forte implication avec les partenaires académiques et les acteurs socio-économiques locaux. A côté des partenariats existants avec des instituts techniques et des semenciers, l'unité cherchera à développer des partenariats industriels dans les domaines du contrôle biologique.

L'ouverture internationale de l'unité est bien établie grâce à son rôle de leader au sein de la communauté européenne des mycotoxines. Cette position se concrétise par le montage du projet européen INSURE, qui rassemble environ 30 partenaires d'Europe et de Chine, et qui sera bientôt soumis à H2020. Ceci, en même temps que l'organisation de congrès européen et, comme suggéré, le recrutement de doctorants d'Europe ou d'autre pays, pourrait fortement augmenter l'attractivité du groupe.

L'analyse SWOT s'est appuyée sur une consultation de tous les personnels. Elle est objective et détaillée.

#### Appréciation synthétique sur ce critère

Les stratégies et perspectives proposées par l'unité sont exceptionnelles. L'unité a proposé un projet correspondant aux standards européens de haut niveau dans le domaine, avec des approches multidisciplinaires utilisant les techniques les plus récentes qui permettront d'obtenir des résultats dans le court et le moyen terme. C'est un projet très dense pour lequel l'unité a pris en compte les limites en moyens humains.

## 4 • Analyse équipe par équipe

**Thème 1 :** Diversité des agents toxinogènes

**Nom du responsable :** M. Jean-Michel SAVOIE

**Effectifs :**

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2014	Au 01/01/2016
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	0.5	
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1.5	0.5
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.) + techniciens	1.5 + 3 Tech	1.5 + 2 Tech
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	2.5	
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

### • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Sur la base d'échantillonnages raisonnés et utilisant des outils moléculaires définis et validés sur la collection de *Fusarium*, les descriptions qualitative (génotype, chémotype et potentiel toxinogène) et quantitative des espèces inféodées au maïs et au blé en France ont été réalisées. La dimension quantitative est très novatrice dans le sens où elle permet d'apporter des éléments sur l'équilibre des flores et les interactions entre espèces dans l'accumulation des toxines. Certaines hypothèses sont en cours d'évaluation par des études *in vitro* et *in planta*. L'analyse du polymorphisme des microsatellites sur 85 souches de *F. graminearum* de la collection a révélé une diversité intraspécifique qui sera corrélée au potentiel toxinogène.

L'ensemble de ces travaux est valorisé par des communications, orales ou sous forme de posters, à des congrès nationaux et internationaux (par exemple, European *Fusarium* seminar, Mycotoxin Workshop, Fungal Genetics Conference, ISTA Workshop) et par un excellent niveau de publication (5 articles ACL ont été publiés dans des revues excellentes, 2 sont communs au thème 3), publications réparties équitablement entre les chercheurs. Les souches de *Fusarium* issues de ces recherches ont enrichi la collection qui compte maintenant une quinzaine d'espèces et représente un outil unique en Europe.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le thème 1 a reposé sur les projets ANR Monimaize (2008-2011), DON&Co (2011-2014).

Pour améliorer la diffusion et la valorisation de la mycothèque, celle-ci a rejoint le réseau de ressources microbiennes de l'INRA et a été transférée au CIRM champignons filamenteux géré par l'UMR 1163 BCF à Marseille. Un catalogue électronique est en cours de réalisation.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les interactions bien établies grâce aux réseaux Fusatox et Quasaprove et avec les organisations chargées de la surveillance de la qualité des céréales françaises (Arvalis Institut du végétal, FranceAgrimer, Charte qualité maïs grand Sud-Ouest) permettent aux chercheurs de MycSA d'avoir une vision globale des systèmes de culture et de la qualité sanitaire des céréales en France qui permettent de réaliser des échantillonnages raisonnés déterminant pour les analyses de la biodiversité. En retour, grâce à ces réseaux, les résultats des recherches et leurs applications sont facilement diffusables.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Trois doctorants ont participé au thème 1, dont 2 financés sur bourse CIFRE, 1 sur contrat doctoral. Deux thèses ont été soutenues en 2009 ou 2010. Le rapport ne détaille pas la participation des étudiants de Master pourtant nombreux dans l'unité.

Un docteur est désormais engagé dans la recherche privée pour une durée supérieure à 2 ans, le second a un engagement de plus de 2 ans dans le secteur privé hors recherche.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet s'inscrit dans la continuité des études déjà réalisées sur la caractérisation des espèces et des souches de *Fusarium* toxigènes. Il introduit deux dimensions nouvelles qui représentent de réelles avancées. L'une à l'échelle de la communauté, étudiera l'impact des interactions entre espèces, ou même entre souches, sur l'accumulation de toxines, et l'autre à l'échelle du génome, dans une démarche de génétique d'association, pour mettre en relation le polymorphisme génétique observé chez *F. graminearum* avec l'expression de certains caractères liés à la production de toxines.

Les moyens humains affectés à ce thème sont très faibles sachant qu' 1 ETP assurera la veille scientifique et technique sur les Agarics de façon à répondre à des demandes d'expertise et de collaboration exprimées par des partenaires académiques et des filières économiques. Le recrutement d'un doctorant et/ou d'un post-doctorant en écologie microbienne pourrait faire le lien entre les thèmes 1 et 3 pour l'étude du pathobiome. Le projet s'appuiera sur les ressources génétiques déjà bien caractérisées de la mycothèque et bénéficiera de l'accès aux parcelles expérimentales pour les échantillonnages. Le projet ne mentionne pas si les équipements techniques nécessaires à la culture en microcosmes en conditions contrôlées sont disponibles sur site.

### Conclusion

#### ▪ Avis global sur le thème

L'orientation de ce thème sur la biodiversité est très prometteuse au niveau génomique et de l'exploration des communautés, notamment pour évaluer l'influence des interactions entre espèces dans l'infection et l'accumulation des toxines.

#### ▪ Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité dispose d'une collection riche et représentative de la diversité des espèces majeures de *Fusarium* toxigènes de France et d'outils moléculaires de caractérisation mis au point et validés sur la collection. Elle dispose de 6 génomes de *F. graminearum* dont les données sont utilisables dans les trois thèmes. Les filières et entreprises privées sont très mobilisées sur la maîtrise des risques mycotoxiques et seront vraisemblablement prêtes à soutenir les recherches en amont. L'unité s'est récemment investie dans des échantillonnages ambitieux qui permettront des analyses statistiques et d'évaluer les facteurs influençant la composition des communautés, comme l'effet de la co-occurrence des espèces par exemple. Des collaborations sont déjà en place pour la métagénomique.

#### ▪ Points faibles et risques liés au contexte

L'effectif du thème 1 prévu au 01/01/2016 (2 ETP) est très faible, d'autant qu'1 ETP assurera la veille scientifique pour répondre à la demande d'expertise encore très forte sur agarics. Pour atteindre les objectifs, l'unité devra développer une stratégie pour renforcer les compétences. Le changement de thématique pour les chercheurs affectés précédemment à l'équipe BGCM a représenté une rupture dans leur carrière.

- **Recommandations**

L'unité devra veiller à l'équilibre des effectifs entre les 3 thèmes, notamment concernant le thème 1. Il apparaît nécessaire de consolider les approches génomiques, métagénomiques et la capacité de traitement bio-informatique, notamment en se rapprochant des réseaux mis en place au sein de l'INRA. Le comité d'experts suggère de recruter des doctorants et post-doctorants, en particulier dans les approches développées récemment.

**Thème 2 :** Circuits de régulation des voies de biosynthèse de toxinogénèse

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Nadia PONTS

**Effectifs :**

<b>Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein</b>	<b>Au 30/06/2014</b>	<b>Au 01/01/2016</b>
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	0.5	1
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4.5	3
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.) + Techniciens	1.5 + 5,5 Tech	1.5 + 5,5 Tech
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	2	
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>11</b>

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les travaux menés dans ce thème ont permis d'amener une quantité importante d'informations sur la régulation de la synthèse des toxines. Ce sont des études portant sur le réseau global de régulation et les déterminants génétiques en lien avec l'hérédité de la modulation de la synthèse des toxines.

En outre, l'étude de la régulation épigénétique est un nouvel axe original étudié par quatre approches, 1) une approche de génomique comparative et la construction de mutants ; 2) par des études de la dynamique de la localisation des nucléosomes ; 3) des modifications post-transcritomiques des histones ; 4) de la méthylation des cytosines et de leurs effets sur l'expression des gènes impliqués dans la synthèse des mycotoxines.

Onze articles ACL (7 excellents) ont été publiés sur ce thème (dont 8 communs au thème 3), 7 sont issus des travaux des doctorants qui figurent en premiers auteurs.

Les résultats ont été diffusés dans les congrès nationaux et internationaux avec régularité (par exemple Fungal Genetics Conference Asilomar-USA, European Conference Fungal Genetics, European Fusarium Seminar).

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Les différents réseaux coordonnés par l'unité lui ont permis de déposer des projets avec un taux de réussite élevée et d'étendre ses collaborations au niveau national et également d'amplifier ses relations européennes voire internationales. Dans le cadre de ce thème, l'unité a organisé des colloques nationaux et internationaux.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culture

Comme pour le thème 3, les résultats issus de ce thème pourront mener à des transferts vers la profession en particulier au niveau de la sélection variétale. Pour l'instant, les recherches menées sur ce thème sont relativement en amont.



### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Trois doctorants ont participé ou participent à ces recherches. Deux émergeant également au thème 3 ont soutenu leur thèse en 2010 et 2013 et ont bénéficié de bourses des collectivités territoriales sur des contrats doctoraux pour les organismes. Le troisième doctorant a été recruté sur contrat doctoral en 2013. Le rapport ne détaille pas l'implication d'étudiants de Master.

Les 2 docteurs sont actuellement engagés dans la recherche privée et publique pour des durées supérieures à 2 ans.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les recherches qui seront menées sur ce thème sont plutôt amont. Elles visent à mieux comprendre le processus de régulation de la toxigenèse répondant à différents stimuli de l'environnement et seront étudiées par différentes approches globales comme la transcriptomique, la génétique quantitative et la métabolomique. L'objectif finalisé étant de pouvoir définir des stratégies efficaces de maîtrise des contaminations.

Le projet à cinq ans est dense et malgré le recrutement récent d'une scientifique, le comité d'experts pense qu'il faut porter plus avant la réflexion sur les forces humaines apportées sur le thème 2. Même si ce thème est très bien porté (11 ETP), le comité d'experts suggère de compléter avec des recrutements post-doctoraux pour amener des compétences bien spécifiques pouvant compléter les forces représentées par les doctorants et étudiants en Master. Les recherches menées par les approches transcriptomiques et métaboliques sont déjà bien mises en place dans l'unité et bénéficient d'un support au niveau des plateformes locales via la structure fédérative de Biologie Intégrative et Écologie de Bordeaux. Par contre, bien que le volet portant sur la régulation épigénétique est novatrice et correspond à des recherches déjà entreprises dans le précédent exercice, l'unité n'explique pas suffisamment les collaborations mises en place sur ce sujet, ni même quels sont les compétiteurs et s'ils sont des collaborateurs potentiels.

### Conclusion

#### ▪ Avis global sur le thème

L'unité MycSA a mobilisé les compétences des deux anciennes équipes pour poursuivre les recherches sur les déterminants génétiques du potentiel toxigène chez *F. graminearum* et sur la régulation de la biosynthèse des mycotoxines. Ce thème regroupe 4 personnes à plein temps (1 MC, 2 CR, 1 IE) et 3 personnes à mi-temps (2 CR et 1 IE). L'unité a donc choisi de promouvoir ce thème (avec le thème 3) pour le prochain quadriennal. L'objectif de ce thème est de mieux appréhender les réseaux de régulation. Le modèle central choisi est *Fusarium graminearum*/mycotoxines de type trichothécènes qui représente le modèle le plus préoccupant au niveau européen. Un second modèle est aussi étudié avec *Fusarium verticillioides* et les fumonisines. Les approches pour mener à bien cette étude cibleront la génétique quantitative, la génomique et la métabolomique.

L'étude des traits génétiques associés au potentiel toxigène a déjà été amorcée dans le précédent quadriennal (travaux de thèse) et sera poursuivie dans le prochain exercice. De même, des efforts seront poursuivis pour étudier l'effet de changements de la structure de la chromatine sur la régulation de la toxigenèse. Les travaux portant sur l'influence du stress oxydant sur la synthèse des mycotoxines seront poursuivis par deux approches globales sans a priori comme conseillé lors de la dernière évaluation AERES. L'étude du métabolome a pour objectif principal de mieux comprendre les relations existantes entre métabolismes primaire et secondaire. Ces études seront effectuées en collaboration étroite avec la plateforme Métabolomique du Centre de Génomique Fonctionnelle de Bordeaux. En outre, des études de transcriptomique et de protéomique sur les deux modèles de *Fusarium* en réponse à des stress oxydants sont complémentaires et très importantes pour apprécier la régulation transcriptionnelle et post-transcriptionnelle. L'unité devra donc, comme mentionné dans son rapport, se rapprocher de la plateforme de Génomique. Elle mentionne que cela est prévu via la structure fédérative de Biologie Intégrative et Écologie de Bordeaux. Un objectif à long terme est d'intégrer l'ensemble des connaissances acquises pour pouvoir modéliser le métabolisme de *Fusarium*.

La production scientifique a été marquée par la publication d'une majorité de travaux qui figure dans des journaux de catégorie excellente ou exceptionnelle. On notera la valorisation du travail Cell Host Microbes en 2012 et dans des journaux plus généralistes comme Plos One et Fungal Genetics and Biology.

- **Points forts et possibilités liées au contexte**

Ce thème est animé par une scientifique, nouvellement recrutée pour renforcer les recherches en génomique et transcriptomique. En outre, compte tenu de la restructuration de l'unité, les compétences de l'équipe BGCM vont s'unir à celle de la seconde équipe pour renforcer ce thème. Cette réorganisation répond à la lettre de mission demandant de développer une stratégie commune de recherche et de renforcer les approches de biologie moléculaires sans a priori. Dans ce cadre, ont été mises également en place des études de génétique quantitative pour étudier le rôle de l'hérédité sur la modulation de la toxigenèse. De plus, des approches sans a priori sont poursuivies pour étudier l'ensemble du réseau de régulation de la toxigenèse par les techniques les plus appropriées du moment. Pour mener à bien ces tâches, l'unité se rapproche des plateformes présentes sur Bordeaux au travers de la structure fédérative de Biologie Intégrative et Écologie de Bordeaux et ceci est un point fort pour l'unité.

Il y a donc une bonne complémentarité des chercheurs du groupe pour mener ces études qui requièrent la mise en place d'approches multidisciplinaires. Cette complémentarité fonctionne bien, car le groupe a publié dans de bons journaux et le comité d'experts note également l'effort effectué pour publier ces travaux dans des revues généralistes, participant ainsi à la lisibilité élargie de l'unité.

- **Points faibles et risques liés au contexte**

Le recrutement d'une chargée de recherche vient bien renforcer les forces sur ce thème mais l'unité devra veiller à structurer ses forces pour traiter et analyser les données massives provenant de différentes méthodes « omiques ». Une base d'intégration de toutes ces données (génomique, protéomique, métabolomique, transcriptomique) est à prévoir à moyen terme comme mentionné dans le projet de l'unité.

- **Recommandations**

L'intégration de spécialistes par le biais de la participation de chercheurs post-doc (planifiés dès la construction des contrats de recherche) sur des sujets « omiques » pourrait participer à renforcer la thématique pour appuyer les efforts des chercheurs permanents. Le comité d'experts s'interroge sur la disponibilité de financements suffisants pour mener à bien toutes les tâches.

**Thème 3 :** Environnement chimique et microbien de Fusarium

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Florence RICHARD-FORGET

### Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2014	Au 01/01/2016
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2	2.5
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.) + Techniciens	1.5 + 3,5 Tech	2 + 3,5 Tech
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	2	
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>8</b>

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Des études métabolomiques et transcriptomiques ont permis de mettre en évidence certains facteurs de régulation de la toxigenèse comme l'acide chlorogénique et les acides phénoliques pendant la maturation des grains de maïs et lors de stress inducteur de la toxigenèse. Des études de génétique inverse ont permis de préciser le rôle de facteurs de transcription impliqués dans l'homéostasie (stress oxydant, pH et lumière) et de démontrer qu'ils sont impliqués dans la synthèse des mycotoxines. Des études de transcriptomique ont également démarré apportant des premiers résultats ciblant certains facteurs comme le pH et des acides phénoliques et démontrant leurs effets sur la synthèse des toxines.

Les flores bactériennes et levuriennes qui cohabitent avec les champignons toxigènes sont explorées pour des activités antifongiques et leur capacité à métaboliser les fusariotoxines. Une approche originale sur l'activité antifongique de biomolécules d'origine végétale a montré que certains composés du métabolisme secondaire des plantes possédaient une efficacité sur deux espèces toxigènes inféodées aux céréales mais demande à être confirmée. Un test de criblage in vitro, en partie automatisé, a été mis au point pour tester une gamme étendue de substances végétales.

Le comité d'experts note également pour ce thème l'effort fourni pour publier dans des journaux de très bonne qualité (17 articles ACL dont 8 de notoriété excellente), dans les disciplines de la microbiologie, mycologie, phytopathologie et des interactions moléculaires entre plante et microbes. Sept articles sont communs au thème 2 et 2 articles sont communs au thème 1. Dans le cadre de ce thème, l'unité a participé notamment aux congrès European Fusarium Seminar et Journées Mycotoxines.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Les différents réseaux coordonnés par l'unité lui ont permis de déposer des projets avec un taux de réussite élevée et d'étendre ses collaborations au niveau national et également d'amplifier ses relations européennes voire internationales. Dans le cadre de ce thème, l'unité a organisé des colloques nationaux et internationaux.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culture

Les recherches issues de ce thème peuvent aboutir à des transferts vers la profession en particulier au niveau de la sélection variétale et en matière de bio contrôle. MycSA est en position favorable pour établir de tels partenariats étant donné les liens forts et structurés qu'elle a établis avec les acteurs économiques des filières.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Cinq doctorants ont été ou sont impliqués dans ce thème, l'un d'entre eux étant impliqué également dans le thème 1. Quatre thèses ont été soutenues entre 2009 et 2013, la soutenance de la quatrième étant prévue pour fin 2015. Deux doctorants ont bénéficié de contrats CIFRE, deux de bourses des collectivités territoriales sur des contrats doctoraux organisme, et un d'une bourse étrangère. Le rapport ne détaille pas l'implication d'étudiants de Master pourtant nombreux dans l'unité. La moitié des articles publiés dans ce thème ont un doctorant en premier auteur. Les 4 docteurs sont actuellement engagés dans la recherche privée (2) et publique (2) pour des durées supérieures ou égales à 2 ans.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet propose d'évaluer l'impact de l'environnement dans l'accumulation de toxines dans les céréales. Il s'inscrit dans la continuité des recherches menées lors du précédent contrat pour l'étude des facteurs chimiques et introduit une dimension nouvelle avec l'étude de l'impact de l'environnement microbien.

L'analyse métabolomique sera étendue au blé et à d'autres composés phénoliques et aux acides gras. Elle sera complétée par l'étude d'extraits végétaux ou microbiens purifiés. Le pathobiome sera caractérisé par des analyses métagénomiques. Les interactions efficaces sur l'accumulation de toxines seront étudiées *in vitro* dans des microcosmes à partir d'isolats cultivables. La connaissance du pathobiome sera explorée dans la perspective du bio contrôle, au sol pour diminuer l'inoculum pathogène, ou par modification de l'environnement chimique des *Fusarium* dans l'épi.

Le projet est original par la prise en compte du pathobiome. L'analyse métagénomique peut apporter une nouvelle lecture de l'environnement microbien, notamment dans sa dimension non cultivable. Mais l'unité mentionne la nécessité d'un renforcement des compétences dans le domaine de la microbiologie environnementale pour mener à bien cet aspect. Le comité d'experts confirme la nécessité d'un soutien. Des collaborations sont déjà en place pour la métagénomique.

## Conclusion

### ▪ Avis global sur le thème

Ce thème est fortement représenté avec 8 ETP. Ce thème est soutenu sur les bases des recherches de l'ancienne équipe MQSG et intègre une dimension nouvelle concernant l'impact de l'environnement microbien appelé pathobiome (champignons, bactéries, virus) sur l'accumulation et la métabolisation des toxines dans la plante. L'approche microbienne est une réelle avancée et une rupture théorique et méthodologique dans le sens où elle s'adresse à la globalité de l'écosystème et non plus aux espèces indépendamment les unes des autres, tenant compte désormais de l'interaction entre les espèces microbiennes mais également avec la plante-hôte. Globalement, ces recherches visent à comprendre les bases moléculaires et l'influence du microbiome sur la production et la métabolisation des mycotoxines avec pour modèle central *F. graminearum* et les mycotoxines de type trichothécènes qui représente le modèle le plus préoccupant au niveau européen.

Un second modèle est aussi étudié avec *F. verticillioides* et les fumonisines. La voie originale d'étude du biocontrôle de la toxigenèse est programmée en 2015 avec un agent de biocontrôle potentiel agissant au niveau du système racinaire du maïs. Le niveau de publication est très bon et il s'est élevé depuis la dernière évaluation. A part certaines exceptions, les publications sont quasiment toutes incluses dans la catégorie « excellente » et les membres de l'unité sont porteurs de ces papiers.

### ▪ Points forts et possibilités liées au contexte

Ce thème bénéficie d'un bon soutien au niveau des moyens humains avec 8 ETP prévus au 1er janvier 2016. L'unité MycSA anime les réseaux Fusatox et Quasaprove regroupant plusieurs instituts scientifiques ou techniques actifs dans les domaines portant sur la qualité sanitaire des grains, ce qui lui permet d'étendre ses collaborations au niveau national. Dans le cadre de ce thème, l'unité a organisé des colloques nationaux et internationaux contribuant

ainsi à renforcer sa notoriété au-delà de la France. Le comité d'experts encourage l'unité dans son effort de coordonner le montage d'un projet européen sur la base de ce thème.

- **Points faibles et risques liés au contexte**

Ces études permettront de mettre en place une analyse globale au niveau du métabolisme de *Fusarium* par le biais d'études multidisciplinaires mobilisant de nombreuses compétences et du personnel qualifié en conséquence. L'unité pourvoit déjà en majorité ces deux points, mais elle risque d'être vite saturée si des collaborations ne sont pas avérées fonctionnelles au niveau local avec les plateformes spécialisées dans les différents domaines. De plus, le comité d'experts s'interroge sur l'intégration de l'ensemble des données de génomique, transcriptomique, métabolomique, protéomique et métabolomique afin de pouvoir au mieux comprendre les relations existantes entre métabolismes primaire et secondaire et l'impact du pathobiome sur le métabolisme comme expliqué dans le projet de l'unité. Comme pour le thème 2, une activité en amont des questions applicatives risque d'attirer à une moindre échelle les financements de thèse (elles sont actuellement financées par des sources CIFRE) mais est très intéressante pour les chercheurs post-doc et il serait souhaitable que l'unité réfléchisse à une politique de recrutement en tenant compte de ces éléments dans le cadre de montage des nouveaux contrats de recherche.

- **Recommandations**

Pour l'ensemble des thèmes, le comité d'experts recommande la prise en compte d'équipes compétitrices et la mise en place de programmes de collaborations. Il serait également bénéfique d'avoir une réflexion au niveau de l'insertion dans les enseignements ou les jury de sélection des étudiants de l'université afin de faire progresser la notoriété de l'unité au niveau des étudiants en master et de l'école doctorale.

## 5 • Déroulement de la visite

### Date de la visite

Début : jeudi 12, février, 2015 à 8h30

Fin : jeudi 12, février, 2015 à 19h00

### Lieu de la visite

Institution : INRA

Adresse : 71 Avenue Edouard Bourlaux, 33883 VILLENAVE D'ORNON

### Déroulement ou programme de visite

**08h30-08h45** Devant l'unité, présentation du comité d'experts et présentation du HCERES par le Délégué Scientifique (DS)

**08h45-09h15** Présentation générale de l'unité

**09h15-10h00** Bilan scientifique de l'unité

**10h00-10h30** Projet de l'unité

#### *Session rencontre avec le personnel permanent et non permanent*

**10h45 -11h15** Rencontre avec les ITA titulaires, CDD  
*Auditoire : membres du comité d'experts, DS, sans les tutelles, ni la direction*

**11h15 -11h45** Rencontre avec les doctorants et post-doctorants et/ou CDD « chercheurs », ingénieurs  
*Auditoire : membres du comité d'experts, DS, sans les tutelles, ni la direction*

**11h45-12h15** Rencontre avec le directeur de l'école doctorale locale  
*Auditoire : membres du comité d'experts, DS, sans les tutelles, ni la direction*

**14h00-14h30** Rencontre avec les chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs titulaires  
*Auditoire : membres du comité d'experts, DS, sans les tutelles, ni la direction*

**14h30-15h00** Rencontre avec les représentants des tutelles:  
*Auditoire : membres du comité d'experts, DS, sans la direction*

**15h00-15h30** Rencontre avec la direction de l'unité  
*Auditoire : membres du comité d'experts, DS, sans les tutelles*

**16h00-19h00** Réunion du comité d'experts à huis clos  
*Présence : membres du comité d'experts, DS*

## 6 • Observations générales des tutelles



Villenave d'Ornon le 25-03-2015

**Observations de portée générale sur le Rapport de l'HCERES sur l'unité  
Mycologie et Sécurité des Aliments (MycSA) sous tutelle INRA**

Référence S2PUR160009768 - Mycologie et Sécurité des Aliments - 0755361V

Nous remercions collectivement le Comité pour son analyse approfondie et son avis qui situent bien l'unité, tant au niveau de son bilan que de ses ambitions pour l'avenir. Ce rapport positif est un encouragement pour l'ensemble des membres de l'unité à poursuivre les efforts des années écoulées pour déployer notre nouvelle organisation et développer notre projet scientifique autour de la recherche de solutions à la question sociétale de la lutte contre la contamination des céréales par les mycotoxines.

Un grand nombre de remarques et recommandations du comité rejoint les éléments pointés par l'unité lors de son auto-analyse et sur lesquels nous avons déjà commencé à travailler. A la lecture du rapport nous avons identifié quatre éléments forts repris à différents endroits du document et sur lesquels nous souhaitons apporter des précisions.

1- Le nécessaire renforcement des ressources humaines et des compétences.

Le Comité pointe en particulier l'intérêt d'une optimisation de l'accueil de doctorants, et du développement d'une politique d'accueil de post-doctorants pour renforcer les disciplines utiles au projet, mais encore peu représentées dans l'unité. Nous partageons cette analyse et nous intégrons dès à présent cette dimension dans nos réponses aux appels à projets (Europe ou ANR), car le point critique de cette politique est l'obtention de financements pour des bourses ou salaires, mais aussi pour la réalisation des projets de recherche associés. Un effort particulier portera sur l'accueil de post-doctorants avec de solides compétences dans le domaine des « omics ».

L'implication dans l'enseignement a été proposée comme un moyen d'augmenter l'attractivité de l'unité. Les chercheurs et ingénieurs de l'unité sont prêts à s'investir d'avantage dans cette activité d'enseignement de manière à renforcer la visibilité de nos recherches et à attirer ainsi des étudiants motivés. La thématique « mycotoxines » est déjà présente dans le Master Biologie et Biotechnologie des Plantes et des Champignons de l'Université de Bordeaux. Le MC mis à disposition dans l'unité par l'Université de Bordeaux est responsable du parcours biotechnologie des champignons et s'appuie sur déjà sur des membres de l'unité pour l'enseignement. Conscients de l'importance de l'implication dans l'enseignement, deux chercheurs de l'unité (en plus du MC) seront membres de l'équipe pédagogique du nouveau master (en cours d'accréditation) qui prendra une orientation plus phytopathologique.

Par ailleurs, des chercheurs et ingénieurs de l'unité interviennent ponctuellement auprès d'étudiants dans diverses écoles et universités. Ceci nous permet déjà d'accueillir des étudiants d'horizons divers. Enfin la présence d'un doctorant ayant obtenu une bourse de l'ED dans un processus



de sélection sévère, auquel des chercheurs de l'unité participent régulièrement, est un indice positif de notre visibilité et notre attractivité actuelles.

Nous remercions le Comité d'avoir bien perçu l'intérêt pour l'unité d'un renforcement durable des compétences en microbiologie environnementale.

2- La structuration de l'unité autour des 3 thèmes scientifiques et le management en mode projet.

L'unité a fonctionné en deux équipes pendant la plus grande partie de la période évaluée, avec l'identification de 3 axes transversaux permettant de situer nos actions de recherche. Nous avons donc présenté notre bilan sur cette base, en montrant l'évolution d'une des équipes vers la thématique « maîtrise du risque mycotoxique » et le développement d'un nouveau projet pouvant s'articuler autour des trois axes remaniés. Nous sommes conscients que le Comité a dû produire un travail important pour réaliser son analyse détaillée structurée autour des trois axes (requalifiés en thèmes) et focalisée sur les actions portant sur la maîtrise du risque mycotoxique. Cependant nous regrettons qu'une partie significative du bilan de l'unité (activités sur les Agarics) soit absente de cette analyse.

Une structuration forte autour de ces trois axes ou thèmes scientifiques ne nous était pas apparue comme un élément d'organisation pertinent pour l'unité, compte tenu du fait que beaucoup des projets de recherches combinent au moins deux des trois thèmes (le nombre d'articles partagés sur plusieurs thèmes en témoigne) et que la plupart des chercheurs et ingénieurs émergent à plus d'un thème. Cela est dû à la spécificité de l'unité. Nous travaillons sur une même question finalisée avec un nombre restreint de modèles biologiques.

En revanche, comme suggéré par le Comité, l'unité est d'ores et déjà engagée dans une réflexion sur une formalisation et une vision partagées d'un fonctionnement en mode projet qui soit adapté à sa situation et générateur de créativité.

3- Le positionnement de l'unité comme leader européen sur la thématique des mycotoxines dans les céréales

Nous faisons nôtre cet objectif proposé par le Comité et étudierons la possibilité de piloter un réseau, en valorisant le travail déjà accompli pour la construction du projet européen H2020 Insure en cours d'examen.

4- La qualité de la production scientifique et la direction éditoriale de l'unité.

Nous notons avec satisfaction que nos efforts pour améliorer le rang et le caractère plus générique des revues dans lesquelles nous publions aient été soulignés plusieurs fois dans le rapport. Dans notre politique de publication, nous attachons aussi de l'importance au fait d'être lus et cités par les chercheurs travaillant sur les mêmes objets d'études, ce qui n'est pas toujours corrélé à la notoriété des revues.

Pour l'ensemble du personnel de l'UR1264



Jean-Michel Savoie  
DU UR1264