FAITS MARQUANTS 2017

Pôle recherche Végétal SFR QUASAV et partenaires



Structure Fédérative de Recherche Qualité et Santé du Végétal



























Edito

En 2017, la SFR (www.sfrquasav-angers.org) a poursuivi son action selon les missions reprécisées au début de son 3ème contrat (2017-2022), suite à son évaluation favorable par l'HCERES. Ces missions sont le :

- soutien aux axes thématiques fédérateurs : identifier les priorités thématiques communes, privilégier les créneaux d'originalité et de créativité scientifique, envisager des approches pluridisciplinaires à plusieurs niveaux d'échelle ;
- soutien aux infrastructures mutualisées : accompagner le regroupement, la modernisation et la mutualisation des infrastructures communes ;
- organisation de l'animation scientifique : poursuite d'une animation scientifique susceptible d'intensifier les échanges ;
- incitation au développement de partenariat : développer des partenariats scientifiques et des partenariats d'application ;
- coordination des stratégies de développement : coordonner des demandes de soutien avec une réflexion collective anticipatrice, prenant en compte les politiques de soutien à la recherche des tutelles et des collectivités territoriales.

Le comité du HCERES a particulièrement apprécié l'effort de structuration et d'accueil d'équipes pour renforcer les axes scientifiques d'identification, l'animation scientifique, le fonctionnement ainsi que le bilan des plateaux techniques et plateformes.

En 2017, la SFR QuaSaV a intégré deux nouvelles équipes : l'unité Environnement Physique de la Plante Horticole (EPHOR) d'AGROCAMPUS OUEST et l'Unité Bactériologie, Virologie, OGM (BVO) du Laboratoire de la Santé des Végétaux de l'Anses. Elles contribueront à accroître le champ des activités de la SFR et permettront de développer encore les interactions scientifiques au sein du pôle de recherche sur le végétal spécialisé en Pays de Loire.

Ainsi, la SFR QuaSaV rassemble environ 400 personnes, dont 152 chercheurs et enseignants-chercheurs et une soixantaine de doctorants. Elle représente la totalité des forces en recherche sur le végétal dans la région Pays de la Loire.

Les instances de pilotage mises en place lors des précédents contrats (soit depuis 2008) ont été reconduites en étant actualisée par une nouvelle équipe de direction constituée par la Directrice (Marie-Agnès Jacques), le Directeur-adjoint (Thomas Guillemette) et la coordinatrice administrative (Melissa Lannois). Le nouveau Conseil scientifique est constitué les experts extérieurs suivants Didier Andrivon (INRA, Rennes), Mathilde Causse (INRA, Avignon), Thierry Heulin (CEA, Cadarache) et Christophe Salon (INRA, Dijon).

Le format de ce document Faits marquants 2017 de la SFR QuaSaV est nouveau. Il propose une sélection de quelques faits marquants faite par les animateurs des axes scientifiques fédérateurs de la SFR. Cette sélection a été réalisée à l'occasion de l'Assemblée générale de la SFR. Une brève présentation des faits marquants des Plateaux Techniques Mutualisés et Plateformes de la SFR fait suite à ces faits marquants d'axes. Une brève présentation de l'animation scientifique faite en 2017 au niveau de la SFR précède les Rubriques libres des unités proposées par leur directeurs.

Marie-Agnès Jacques, Directrice de Recherche INRA Directrice de la SFR Thomas Guillemette Professeur de l'Université d'Angers Directeur-adjoint de la SFR





Sommaire

AXES THEMATIQ	UES FEDERATEURS	5
FAITS MARQUAN	ITS DE L'AXE 1 «Gestion Durable de la Santé des Plantes» Faits marquants Actions structurantes et rayonnement scientifique	6 12
FAITS MARQUAN	ITS DE L'AXE 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences » Faits marquants Actions structurantes et rayonnement scientifique	13 13 19
FAITS MARQUANT	S DE L'AXE 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées » Faits marquants Actions structurantes et rayonnement scientifique	20 20 25
MOYENS TECHNI	QUES MUTUALISÉS ANAN - ANalyses des Acides Nucléiques IMAC - Microscopie et Imagerie Cellulaire COMIC - Collections de micro-organismes PHYTO - Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires PHENOTIC - Phénotypage des Semences et des Plantes SENSOVEG - Analyse Sensorielle	26 28 30 32 34 36 38
ANIMATION SCIE	NTIFIQUE	41
RUBRIQUES LIBR	RFI Objectif Végétal IRHS – Institut de Recherche en Horticulture et Semences IGEPP – Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes GRAPPE – Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés LBPV – Laboratoire de Biologie et Pathologie Végétale LEVA – Légumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie SIFCIR – Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs SONAS – Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux GEVES – Groupe d'Etude et de Contrôle de Variétés Et des Semences	43 44 46 48 49 51 52 53 54
GLOSSAIRE		57





Axes thématiques fédérateurs de la SFR QuaSaV

Dans le nouveau contrat démarré en 2017, l'orientation scientifique générale de la SFR reste centrée sur la santé des plantes et la qualité des produits qui en sont issus et se décline en 3 axes fédérateurs.

Axe 1 « Gestion Durable de la Santé des Plantes »

Les travaux conduits dans cet axe visent à permettre un développement optimal des plantes dans un environnement contraint en prenant en compte à la fois l'état sanitaire et l'état physiologique des plantes. Cet axe s'appuie sur les expertises des chercheurs de l'IRHS (équipes QUARVEG, ECOFUN, EMERSYS, FUNGISEM, GDO et RESPOM), du SIFCIR, du LBPV, du SONAS, du LEVA, de l'équipe EGI de l'IGEPP et sur les moyens d'expérimentation de l'Unité Horticole. C'est également dans cet axe que s'inscrira l'unité BVO du LSV-ANSES.

Axe 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences »

La semence est un identifiant fort des travaux de recherche conduits au sein de la SFR. Ces travaux sont menés en interaction étroite avec les partenaires locaux, que ce soit des structures d'expertises telles que le GEVES et la FNAMS, ou des entreprises semencières. Cet axe s'appuie sur les expertises des chercheurs de l'IRHS (équipe SESAN (ex équipes ALSA-BGL), QUARVEG, CONSERTO, EMERSYS, FUNGISEM et MITOSTRESS), du LBPV et du LEVA. L'expertise de l'unité BVO du LSV-ANSES viendra en appui aux travaux conduits dans cet axe.

Axe 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées »

Les travaux conduit dans cet axe sont très fortement transdisciplinaires et bénéficient de compétences en biochimie, génétique, (éco)physiologie, phytochimie, analyses instrumentales et sensorielles, et environnement physique des plantes. Ils sont également multi-échelles et visent à caractériser et améliorer les qualités esthétique, organoleptique et nutritionnelle des fruits et légumes. Cet axe s'appuie sur les expertises des chercheurs de l'IRHS (équipes ARCH-E, QUARVEG, QUALIPOM, et GDO), du SONAS, de GRAPPE et d'EPHor. Un enjeu fort de cet axe concerne l'essor d'une thématique autour de l'intégration du végétal en milieux urbain et péri-urbain.

Ces 3 axes fédérateurs servent de base pour construire les thématiques prioritaires qui sont accompagnées par le volet Ressourcement Scientifique du programme RFI « Objectif Végétal » depuis 2014. L'objectif des appels à projets annuels de ce programme est de conforter le positionnement du pôle végétal ligérien sur ces 3 axes de leadership et d'accélérer la montée en puissance d'approches émergentes : omiques (métagénomique, épigénomique...), phénotypage / chémotypage, traitement des données haut-débit.



Faits marquants de l'Axe 1

Gestion durable de la santé des plantes

Animateurs:

Alexandre Degrave (IRHS-équipe RESPOM) et Bruno Le Cam (IRHS-équipe ECOFUN)

Optimisation de méthodes de lutte contre les bioagresseurs réduisant l'impact sur l'environnement

Utilisation des Stimulateurs de Défense des Plantes (SDP) en verger : vers une solution possible pour diminuer les pesticides ?

Le traitement des plantes par des Stimulateurs de Défense des Plantes (SDP) pourrait contribuer à la diminution des pesticides en aidant la plante à se défendre elle-même contre les maladies et ravageurs. Des produits efficaces ont d'ores et déjà été repérés en laboratoire mais il reste difficile de les faire fonctionner au champ. Cette étude s'est focalisée sur un de ces produits, l'acibenzolar-S-méthyl (ASM), pour tenter de le faire agir efficacement en verger dans la lutte contre la tavelure du pommier, maladie nécessitant à elle seule 15 à 20 traitements fongicides par an. Le protocole d'intégration de ce SDP dans l'itinéraire cultural du pommier a consisté à appliquer de manière régulière le produit sur un programme allégé en fongicides au printemps. Il a permis une protection efficace vis-à-vis de la tavelure - bien que moins élevée qu'un protocole conventionnel - en supprimant 8 traitements fongicides, ce qui représente environ 45% des traitements. En parallèle, et dans l'objectif d'améliorer à l'avenir cette efficacité, divers facteurs ont été étudiés en serre. Un effet variétal a été observé, suggérant que le choix de la variété est un levier à considérer. Des traitements répétés semblent favoriser la protection, d'autant plus que cette dernière est plus faible dans les feuilles se développant dans les jours suivant le traitement que dans les feuilles directement traitées. Enfin, il a pu être

montré que l'association de l'ASM avec un produit d'éclaircissage chimique, couramment utilisé en verger pour alléger la charge en fruits, améliore très nettement les effets de protection. Ce travail est très encourageant quant à l'utilité des SDP dans la lutte contre les maladies des plantes, et en particulier contre la tavelure du pommier. Il doit se poursuivre pour que ces produits atteignent des niveaux de protection économiquement acceptables pour les agriculteurs. Il est cependant probable que les SDP devront être combinés à d'autres méthodes alternatives de lutte pour un jour s'affranchir des fongicides.

PUBLICATION

Marolleau B, Gaucher M, Heintz C, Degrave A, Warneys R, Orain G, Lemarquand A and Brisset M-N. 2017. When a plant resistance inducer leaves the lab for the field: Integrating ASM into routine apple protection practices. Front. Plant Sci. 8:1938.

doi: 10.3389/fpls.201/.01938



Optimisation de méthodes de lutte contre les bioagresseurs réduisant l'impact sur l'environnement

.

Modification de la sensibilité des cibles aux insecticides par des facteurs cellulaires et moléculaires

Les défis de l'agriculture sont d'une part d'assurer une production capable de fournir aux populations des matières premières saines et de qualité à un coût raisonnable et d'autre part de réduire, autant que possible, l'impact environnemental des pratiques agricoles. L'utilisation des produits phytosanitaires a permis d'accomplir des progrès en matière de rendements agricoles et de protection des cultures. Cependant, leur utilisation importante conduit à l'apparition de résistances vis-à-vis des insecticides. Il apparaît alors nécessaire de réduire l'utilisation de ces produits (comme recommandé par le plan Ecophyto) et de développer des méthodes alternatives de lutte plus raisonnées. Pour cela, une meilleure connaissance du mode d'action des insecticides ainsi que des facteurs pouvant moduler la sensibilité des cibles cellulaires aux insecticides est primordiale. Nous avons répertorié, et ceci pour la première fois, les différents facteurs qui influencent la sensibilité des cibles aux insecticides. Les insecticides qui sont pour la plupart d'entre eux neurotoxiques, vont cibler des enzymes, des canaux ioniques et/ou des récepteurs neuronaux. Parmi les mécanismes cellulaires et moléculaires identifiés, la modification de la cible aux insecticides par mutation est la plus étudiée et la plus connue. Cependant, d'autres phénomènes cellulaires et moléculaires tels que l'épissage alternatif, la composition en sous-unités des récepteurs et les phénomènes de phosphorylation / déphosphorylation peuvent moduler la réponse à un insecticide. En effet, il a par exemple été montré au laboratoire

que lorsque les pucerons du pois Acyrthosiphon pisum sont exposés aux néonicotinoïdes, l'expression des récepteurs nicotiniques qui en sont la cible est modifiée. La densité de la cible est également un facteur important dans la réponse aux insecticides. Il a été montré que cette densité pouvait être régulée par des protéines accessoires également appelées protéines auxiliaires. Ainsi, chez la blatte Periplaneta americana, en fonction du type de protéine auxiliaire associée au canal sodium dépendant du potentiel, l'action du DCJW, métabolite du pro-insecticide RNA editing indoxacarbe est diffé-Alternative splicing rente. Les mécanismes cellulaires et moléculaires impliqués dans la sensibi-Subunit combination lité des cibles aux insecticides devront être étudiés dans un contexte d'exposition aux insecticides. En effet, des études préliminaires nous indiquent qu'une exposition sub-chronique entraîne des modifications cellulaires et moléculaires qui permettent à l'organisme de l'insecte de s'adapter rapidement au traitement insecticide.

PUBLICATION

Raymond V., Goven D., Benzidane Y., List O., Lapied B. 2017. Influence of cellular and molecular factors on membrane target sensitivity to insecticides ». Current medicinal chemistry. Vol. 24

Compréhension des processus infectieux des bioagresseurs

0 0 0 0 0

Des TALs qui détalent sur des plasmides pas vides

Les bactéries du genre Xanthomonas portent des effecteurs de type III appelés effecteurs transcription activator-like (TAL). Après avoir été injectés dans les cellules de l'hôte, les effecteurs TAL sont capables de migrer dans le noyau où ils agissent en général comme des facteurs de transcription de gènes de sensibilité afin de promouvoir l'infection. Les souches de Xanthomonas responsables de la graisse commune sur haricot se répartissent en quatre lignées phylogénétiquement disctinctes appartenant à Xanthomonas phaseoli pv. phaseoli (Xpp) ou X. citri pv. fuscans (Xcf). L'objectif de ce travail a été d'étudier la diversité et l'évolution des effecteurs TAL en lien avec l'adaptation à l'hôte, chez les souches de Xanthomonas responsables de la graisse commune du haricot. Nous avons séquencé 17 souches représentatives de la diversité des quatre lignées de Xpp et Xcf par séquençage PacBio. L'analyse de ces génomes a révélé l'existence de quatre gène tal, dont deux sont localisés sur le chromosome et spécifiques de certaines souches de Xcf, tandis que les deux autres sont plasmidiques et partagés entre souches phylogénétiquement éloignées. Nous avons mis en évidence que ces deux tal plasmidiques avaient été récemment transférés horizontalement entre Xcf et Xpp.

Nos résultats suggèrent que les effecteurs tal plasmidiques contribuent à l'adaptation à l'hôte en étant transférés horizontalement entre des lignées phylogénétiquement distantes. avons généré un mutant de Xcf dépourvu de tal et des mutants complémentés avec chaque gène tal. Le séquençage des ARN après infiltration de ces souches dans des feuilles de haricot nous a permis d'étudier l'ensemble des gènes induits par chaque effecteur TAL. Ces analyses en cours ont pour but de trouver quelles sont les cibles de ces effecteurs, étape préliminaire à l'élaboration de stratégies de résistance basées sur l'utilisation des effecteurs TAL.

PUBLICATION

Ruh M, Briand M, Bonneau S, Jacques M-A, and Chen NWG. 2017. Xanthomonas adaptation to common bear is associated with horizontal transfers of genes encoding TAL effectors, BMC Genomics 18:670.

Compréhension des processus infectieux des bioagresseurs

000000

Rôle des cytokinines de la plante hôte dans la formation de l'haustorium chez l'orobanche

Au cours de leur évolution, certaines plantes ont développé des caractéristiques uniques leur permettant d'abandonner leur mode de vie autotrophe au profit du parasitisme. La clé de cette transition repose sur la formation d'un organe infectieux, l'haustorium. En prenant l'orobanche du colza (Phelipanche ramosa L. Pomel, pathotype I) comme modèle d'étude, les travaux de thèse de Vincent GOYET sur l'haustoriogenèse ont permis de franchir un cap dans la compréhension des mécanismes moléculaires sous-jacents chez les orobanches (plantes parasites non chlorophylliennes de la famille des Orobanchaceae). Jusqu'alors en effet, seule l'induction de l'haustoriogenèse par le 2,6-dimethoxybenzoguinone (DMBQ: Haustorial Inducing Factor, HIF), issu de la dégradation des parois racinaires de l'hôte et impliquant un contrôle auxinique, avait été démontrée chez une autre catégorie d'Orobanchaceae (parasites chlorophylliens). Les travaux de thèse de V. GOYET ont confirmé d'une part l'inactivité du DMBQ en tant qu'HIF chez P. ramosa, et d'autre part le caractère inductible de l'haustoriogenèse chez cette espèce par des molécules « de type cytokinine » contenues dans les exsudats racinaires de sa plante hôte, le colza. Ces travaux amènent donc à la proposition de l'intervention prépondérante de ces phytohormones dans la signalisation contrôlant la formation de l'haustorium chez les orobanches. En se basant sur un transcriptome de référence de P. ramosa, ces travaux ont également permis, en collaboration avec

l'équipe bio-informatique de l'IRHS et le plateau ANAN de la SFR, une première analyse de la réponse transcriptomique globale des graines germées de *P. ramosa* aux exsudats racinaires du colza. Cette analyse a notamment souligné l'expression des acteurs de la signalisation cytokinique (RR5, ZFP6, TRN2...). Le caractère obligatoire du parasitisme des Orobanchaceae non chlorophylliennes est un frein à l'étude de ces organismes rendant notamment difficiles les approches employées classiquement chez les plantes modèles autotrophes (génétique inverse, transgenèse). Néanmoins, ces travaux ont également permis d'établir une méthode de transformation génétique chez P. ramosa, permettant d'envisager à court terme des approches de validation fonctionnelle.

PUBLICATION

Goyet V., Billard E., Pouveau J-B., Lechat M-M., Pelletier S., Bahut M., Monteau F., Spichal L., Delavault P., Montiel G. & Simier P. (2017). Haustorium initiation in the obligate parasitic plant Phelipanche ramosa involves a host exudated cytokinin signal. J. Exp. Bot. 28, 68(20): 5539-5552.

Exemples de production de données génomiques et épigénomiques

.

Génome et épigénome de haute qualité du pommier

Un des grands défis actuels de la biologie et de la bioinformatique consiste à assembler des fragments d'ADN, séquencés par le biais de différentes technologies, dans un ensemble cohérent représentant les différents chromosomes d'une plante. Ce travail, réalisé partiellement sur le pommier par un consortium en 2010, avait permis l'obtention d'une première ébauche de génome (122 000 fragments). Cette séquence, réalisée à partir d'un pommier hétérozygote comportait beaucoup de défauts et erreurs, et ne contenait pas les portions du génome comprenant les éléments transposables, limitant son utilité pour nombre d'études génomiques et épigénétiques. En utilisant des technologies de séquençage à haut débit de deuxième (Illumina) et troisième (PacBio) génération, ainsi que de nouvelles méthodes pour construire des cartes optiques de haute résolution (BioNano), nous avons assemblé la séquence du pommier double haploïde 'Golden Delicious'. Cet arbre produit à l'INRA d'Angers et dont l'origine remonte aux années 1960, représente une ressource formidable pour la génomique et épigénomique qui n'avait pas été exploitée jusqu'à présent. En s'appuyant sur une carte génétique à haute densité de marqueurs, nous avons pu assembler ce génome en 17 pseudo-molécules représentant les 17 chromosomes du pommier. D'une taille totale de 649.3 Mb assemblé en 280 fragments, ce génome comporte 42 140 gènes. Nous avons estimé que les éléments transposables, annotés en différentes catégories, couvraient jusqu'à 57.3% du génome. Un de

ces éléments répétés, nommé HODOR, comporte une séguence unique et semble préférentiellement localisé dans les centromères. Enfin, l'analyse des épigénomes de feuilles et de jeunes fruits nous a permis d'identifier des régions différentiellement méthylées, à proximité de gènes potentiellement impliqués dans le développement des fruits. Cette étude nous a permis de séquencer et d'assembler un génome de très haute qualité d'une espèce pérenne. Grâce à l'exploitation d'un matériel génétique unique et en combinant différentes technologies, nous avons démontré qu'il était possible d'assembler un génome complexe relativement grand et comprenant de nombreuses séquences répétées. Au-delà de ce que représente l'apport de ce génome pour les futures études génétiques et épigénétiques, l'impact de notre étude réside également dans l'approche originale que nous avons choisi de mener, et servira de référence aux autres scientifiques désirant assembler des génomes complexes.

Time and spa

PUBLICATION

Daccord, N., Celton, J. M., Linsmith, G., Becker, C., Choisne, N., Schijlen, E., Van De Geest, H., Bianco, L., Micheletti, D., Velasco, R., Di Pierro, E. A., Gouzy, J., Rees, D. J. G., Guérif, P., Muranty, H., Durel, C. E., Laurens, F., Lespinasse, Y., Gaillard, S., Aubourg, S., Quesneville, H., Weigel, D., Van De Weg, E., Troggio, M., and Bucher, E. (2017). High-quality de novo assembly of the apple genome and methylome dynamics of early fruit development. Nature Genetics, 49(7), 1099–1106. https://doi.org/10.1038/ng.3886

Exemples de production de données génomiques et épigénomiques

.

Etudes conjointes entre équipes des SFR QuaSaV et ICAT visant à identifier les déterminants génétiques de la pathogénicité chez des champignons associés à des maladies chez l'homme et sur rosacées

A la suite d'un appel à projet du Conseil Scientifique de l'Université d'Angers, une collaboration a été mise en place par les équipes EcoFun de l'IRHS de la SFR QuaSaV et le Groupe d'Etudes des Interactions Hotes-pathogènes (GEIHP) de la SFR Santé ICAT (Interactions Cellulaires et Applications Thérapeutiques). Le projet avait pour objectif de développer une stratégie commune de génomique comparative sur deux modèles champignons pathogènes afin d'identifier des régions génomiques responsables du caractère pathogène au sein de ces champignons. Les deux organismes étudiés appartiennent à la classe des ascomycètes, l'un est associé à la mucoviscidose (genre Pseudallescharia, anamorphe Scedosporium), l'autre est responsable de la tavelure du pommier (genre Venturia, anamorphe Spilocea). Au sein de chacun de ces deux genres, les espèces présentent des particularités en terme de pathogénicité : Pseudallescharia apiosperma représente un complexe de 5 espèces dont une n'est jamais rencontrée dans la mucoviscidose. Au sein du genre Venturia des spécificités parasitaires vis-à-vis de plantes de la famille des Rosacées ont été décrites sans pour autant que les mécanismes impliqués soit identifiés. A ce stade, un premier article issu de cette collaboration a été publié visant à fournir des données génomiques au sein du genre Scedosporium. Des publications sont en cours de rédaction sur les deux genres où sont précisées les histoires démographiques des différentes espèces au sein de chaque genre, préalable indispensable à l'identification de gènes candidats associés au caractère pathogène.

PUBLICATION

Duvaux, L., Shiller, J., Vandeputte, P., Dugé de Bernonville, T., Thornton, C., Papon, N., Le Cam B., Bouchara JP., Gastebois, A. (2017). Draft Genome Sequence of the Human-Pathogenic Fungus Scedosporium boydii. Genome Announcements, 5(37), e00871–17. http://doi.org/10.1128/genomeA.00871-17

Actions structurantes 2017 et rayonnement scientifique / Axe 1



Nouvelle animation scientifique en 2017

L'animation scientifique de l'axe 1 Gestion durable de la santé des plantes a connu un temps fort en Novembre 2017 avec l'organisation d'une journée de communication sur le thème du « Biocontrôle dans la lutte contre les bioagresseurs ». Cette journée a été organisée le lendemain de la réunion annuelle du Consortium Biocontrôle, qui s'est déroulée cette année dans les locaux du pôle de compétitivité Végépolys, à la maison du végétal.

« Reviews and Opinion Papers »

- Deshayes C., Siegwart M., Pauron D., Froger J. A., Lapied B., Apaire-Marchais V. « Microbial Pest Control Agents: Are they a specific and safe tool for insect pest management? ». Current Medicinal Chemistry. 2017. Vol. 24 n°27 p. 2959-2973
- Delavault P., Montiel G., Brun G., Pouvreau J.-B., Thoiron S. and Simier P. (2017). Communication Between Host Plants and Parasitic Plants. Advances
- in Botanical Research 82: 55-82 doi: 10.1016/bs.abr.2016.10.006.

L'objectif de cette journée d'animation était double:

(i) informer l'ensemble de membres de la commu-

nauté de la SFR sur les approches déployées dans chaque équipe et (ii) faire rayonner ces travaux au-

près de scientifiques extérieurs à la SFR. Ce second

point a été permis par l'invitation de Monica Höfte

(Université de Ghent, Belgique) et Cédric Bertrand (Université de Perpignan). Le programme de cette

journée d'animation est fourni en Annexe 1.

 Pilet-Nayel M.L., Moury B., Caffier V., Montarry J., Kerlan M.C., Fournet S., Durel C.E., Delourme R. 2017 Quantitative resistance to plant pathogens in pyramiding strategies for durable crop protection. Frontiers in Plant Science 8:1838 DOI: 10.3389/ fpls.2017.01838

Invitations à des colloques

- Bucher E. Nature Conference: Agricultural Genomics 2017 Functional Genomics toward Green Crops for Sustainable Agriculture
- Bucher E. présentation du projet ERC BUNGEE à des congrès internationaux (San Diego, New York, Vienne, Wuhan).
- Delavault P., Brun G., Thoiron S. Parasitic and non-parasitic plants share a strigolactone signaling pathway leading to seed germination through abscisic acid catabolism. 2nd International Congress on Strigolactones, Turin, Italie, Mars 2017.
- Jacques MA. International Symposium on Xylella fastidiosa, Canberra & Brisbane, 15-19 May 2017, Australia
- Jacques MA. Symposium «Bacterial lifestyles associated with olive trees and other woody plants « lors du congrès de la FEMS 9-13 Juillet 2017 à Valencia, Espagne.

- Poliakoff F. invitation au Symposium: "Xylella fastidiosa: una especie compleja causante de enfermeda des emergentes en Europa" Palencia, 20 de septiembre de 2016 (GEDDI-SEF)
- Corre-Hellou G. 2016. Associations d'espèces à base de légumineuse: problématiques et impacts à différentes échelles. Atelier prospectif Recherches sur les légumineuses. Un panorama des dynamiques actuelles, une discussion des sujets futurs. Académie d'Agriculture de France, Paris, France 10 novembre 2016.
- Carton N. 2016. Associer une céréale au lupin : interactions, productivité et contrôle des adventices. Atelier prospectif Recherches sur les légumineuses. Un panorama des dynamiques actuelles, une discussion des sujets futurs. Académie d'Agriculture de France, Paris, France, 10 novembre 2016.

Faits marquants de l'Axe 2

Qualité physiologique et sanitaire des semences

Animateurs: David Macherel (IRHS-équipe SMS) et Olivier Leprince (IRHS-équipe Conserto)

Une approche transcriptomique révèle l'importance des phases tardives de la maturation pour la longévité des graines de soja

Chez le soja, l'importance économique des réserves stockées dans le grain a alimenté un grand nombre d'études transcriptomiques décrivant le développement des graines depuis l'embryogenèse jusqu'au remplissage. En revanche, la phase se situant entre fin de remplissage et graine sèche correspondant à l'acquisition de la longévité, reste étonnamment négligée et mal comprise. Or les graines de soja sont particulièrement vulnérables à la détérioration pendant le stockage, ce qui est très problématique pour la production de semences au Brésil. Dans le cadre d'une thèse en co-tutelle avec l'UNESP (Université d'Etat de Sao Paulo), l'objectif du travail était de caractériser les processus physiologiques et moléculaires de la maturation des graines de soja par une approche RNAseg. Nous montrons qu'une période supplémentaire de deux semaines après ce que les agronomes appellent «maturité physiologique» et le remplissage des graines est nécessaire pour obtenir une longévité maximale. Un réseau de co-expression de gènes a identifié un ensemble de régulateurs transcriptionnels qui pourraient être importants pour la longévité chez le soja. Il a mis également en évidence l'importance du démantèlement des chloroplastes dans les phases tardives de la maturation.

Ce travail fournit un atlas des gènes codant des régulateurs potentiels de la longévité qui pourraient servir dans des étude GWAS visant à identifier les loci impliqués dans la vigueur germinative et des programmes de pré-breeding pour des variétés à floraison indéterminée.

PLUS-VALUE SFR & PUBLICATION

Ce travail a bénéficié d'une collaboration avec l'équipe Bioinformatique de l'IRHS qui a réalisé les scripts sous R pour l'analyse des données brut de séquençage.

- Pereira Lima JJ, Buitink J, Lalanne J, Rossi JF, Pelletier S, da Silva EAA, Leprince O (2017) Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. PlosOne 12, e0180282
- Leprince O, Pellizzaro A, Berrirri S, Buitink J (2017) Late seed maturation: drying without dying. Journal of Experimental Botany 68, 827-841





L'AMP, indispensable à la recharge énergétique de la graine

L'accumulation d'AMP (Adénosine MonoPhosphate) dans la graine en cours de dessiccation, est un évènement fondamental à la gestion du métabolisme énergétique lors du passage de la graine déshydratée à la graine imbibée. La graine sèche ne contient qu'une infime quantité d'ATP. Au cours des toutes premières phases de la germination, l'AMP est utilisé par l'adénylate kinase qui permet de générer de l'ADP, substrat indispensable à la production d'ATP par la phosphorylation oxydative au sein de la mitochondrie.

Cette étude sur la gestion du métabolisme énergétique de la graine a été réalisée de manière approfondie sur le pois, mais d'autres espèces appartenant à la famille des *Fabacées* (*Medicago truncatula*) ou non, comme les *Brassicacées*, les *Poacées* ou les *Astéracées*, présentent des résultats similaires. Cette avancée dans les connaissances permettra de mieux comprendre les processus impliqués dans la techno-semence (ex priming) qui a une forte importance économique chez les semenciers.



PLUS-VALUE SFR & PUBLICATION

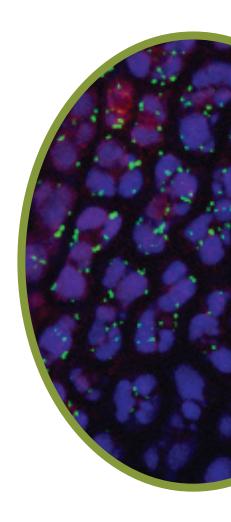
Cette publication est le fruit d'un partenariat étroit entre l'IRHS et le LEVA, combinant une recherche à l'échelle de la mitochondrie et des préoccupations de qualité des semences pour une bonne installation des cultures.

 Raveneau MP, Benamar A, Macherel D (2017) Mitochondria and adenylate kinase govern adenylate balance at the frontiers of anhydrobiosis. Journal of Experimental Botany 68, 3501–3512. doi.org/10.1093/jxb/erx182



Les mitochondries ont un rôle essentiel pour fournir l'énergie cellulaire lors de la germination. Par des approches de biologie cellulaire chez *Arabidopsis* nous montrons que les mitochondries sont distribuées de façon homogène dans les cellules de la graine sèche, et deviennent fonctionnelles après quelques minutes d'imbibition. L'étude de la dynamique mitochondriale a montré que le chondriome tout d'abord statique se réorganise en fin de germination pour former une cage périnucléaire transitoire. Ces mécanismes contribuent au contrôle qualité des mitochondries.

Ces travaux ont révélé l'importance de la dynamique mitochondriale et du contrôle qualité des organites dans le contexte des graines et lors de la transition vers l'autotrophie. Ils mettent en évidence l'existence de mécanismes cellulaires de contrôle et de coordination sophistiqués à explorer. De façon plus large, les mécanismes moléculaires de la dynamique mitochondriale et de la mitophagie sont encore mal connus chez les plantes, mais ont sans nul doute un rôle majeur dans la qualité physiologique chez les végétaux.



PLUS-VALUE SFR & PUBLICATION

Ce travail a bénéficié d'une collaboration avec l'IBMP de Strasbourg (équipe José Gualberto) pour l'analyse fonctionnelle de l'ADN mitochondrial, et de l'appui du plateau IMAC pour la microscopie confocale.

 Paszkiewicz G, Gualberto JM, Benamar A, Macherel D, Logan DC (2017) Arabidopsis seed mitochondria are bioenergetically active immediately upon imbibition and specialize via biogenesis in preparation for autotrophic growth. Plant Cell 29, 109-128



Voies de transmission de *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* (*Xcf*) aux semences

Identifier les voies de transmission à la semence des organismes phytopathogènes et de leurs compétiteurs est essentiel pour proposer des méthodes de lutte biologique permettant de réduire l'incidence de la transmission des agents pathogènes. Les souches commensales testées, bien qu'isolées de semences, se sont avérées de médiocres compétitrices lors des tests in planta. Des approches alternatives basées sur l'analyse du microbiote et de la co-occurrence de souches commensales et d'agents pathogènes est désormais privilégiée pour identifier les potentiels organismes de lutte biologique.

L'analyse par microscopie confocale de graines de haricot confirme la diversité des portes d'entrée et des niches de Xcf dans cet organe. Ainsi, Xcf pénètre dans la graine par les éléments vasculaires et les parenchymes du funicule et gagne la barre trachéide. Xcf pénètre également par le micropyle, la lentille et la testa. Ces différentes localisations traduisent l'utilisation des voies vasculaire, florale et externe par les tissus du fruit. Dans la graine, Xcf est également observé en profondeur dans les parenchymes et en surface des cotylédons. La localisation de Xcf dans l'embryon est associée à la présence de symptômes endommageant la graine et nuisant à sa levée.

Lors de la germination de la graine, Xcf colonise la surface des cotylédons, de l'hypocotyle, des plumules, des replis de l'embryon et de la radicule de la plantule. L'utilisation de la technique DOPE-FISH a de plus permis de confirmer ces localisations et de montrer que des Xanthomonas commensaux également peuvent être observés dans ces mêmes niches. Toutefois, expérimentalement les essais de transmissions de souches de Xanthomonas commensaux en présence ou non de Xcf se sont avérés infructueux. Ces essais ont toutefois permis de montrer que la transmission de Xcf aux semences de haricot par la voie florale n'est pas affectée par ces Xanthomonas commensaux, même lorsque ces derniers sont de bons compétiteurs in vitro.

PLUS-VALUE SFR & PUBLICATION

Ce travail de recherche est le fruit d'une collaboration entre les équipes EmerSys (IRHS) et l'Austrian Institute of Technology avec l'appui du PT IMAC de la SFR (microscopie confocale).

 Darrasse A, Barret M, Cesbron S, Compant S, Jacques MA (2017). Niches and routes of transmission of Xanthomonas citri pv. fuscans to bean seeds. Plant & Soil. DOI 10.1007/s11104-017-3329-3.



Processus écologiques impliqués dans l'assemblage du microbiote des semences

L'importance des processus écologiques impliqués dans l'assemblage du microbiote associé aux graines de radis a été évaluée lors de 3 générations successives de la plante hôte. L'héritabilité de la communauté microbienne entre générations de radis est assez limitée (core-communauté composée de 3 OTU) avec des modifications de composition entre générations et entre individus au sein d'une même génération. La distribution de la majorité des taxons microbiens associés aux graines de radis est expliquée par des processus de type neutre tels que la dispersion (pour la composante fongique) et la dérive écologique (pour la composante bactérienne). Cependant, quelques taxons semblent sélectionnés par l'hôte et/ou l'environnement local.

L'absence de sélection de la majorité des taxons microbiens associées aux araines de radis permet d'orienter les méthodes d'apport d'organismes de lutte biologique vers l'inoculation du porte-graine par lâcher inondatif en alternative à l'enrobage des semences. En effet, nos résultats suggèrent que l'abondance des taxons microbiens au sein de la culture assure leur transmission. Cette méthode alternative à l'enrobage de semences pourrait intéresser les entreprises semencières ainsi que les entreprises développant des solutions de biocontrôle ou de biostimulation.

PLUS-VALUE SFR & PUBLICATION

Ce travail de recherche est le fruit d'une collaboration entre les équipes EmerSys et FungiSem de l'IRHS (caractérisation des communautés bactériennes et fongiques des semences) avec l'appui du PT ANAN (séquençage d'amplicons sur MiSeg).

• Rezki S, Campion C, Simoneau P, Jacques MA, Barret M (2017) Assembly of seed-associated microbial communities within and across successive plant generations. Plant & Soil. https://doi.org/10.1007/s11104-017-3451-2.



Depuis 2007, les grillures d'ombelles sont apparues en France sur porte-graines de carotte, impactant le rendement en semences. L'IRHS (équipes FungiSem et QuaRveg) en partenariat avec le GEVES, la FNAMS et les entreprises HM Clause et Vilmorin ont identifié et caractérisé les agents responsables : Diaporthe angelicae et D. eres en tant que responsables de la maladie. Les deux espèces fongiques ont été détectées par des analyses moléculaires dans des lots de semences récoltées en conditions de production, la transmission des agents pathogènes de la semence à la plantule n'a cependant pas été montrée par les expériences menées lors du projet. Ce travail a eu un impact important en termes de gestion de méthodes de lutte en parcelles de production françaises et a permis la mise au point d'un outil d'aide à la décision des traitements fongicides basé sur un modèle déjà décrit sur tournesol (Asphodel).



PLUS-VALUE SFR & PUBLICATION

Ce dernier fait marquant a fait l'objet d'une collaboration étroite entre deux unités de la SFR (IRHS et GEVES) et d'autres acteurs de la filière semences dans le cadre d'un projet CASDAR avec l'appui technique du plateau technique IMAC pour les aspects de pénétration et de localisation des champignons dans la plante.

• Bastide F, Serandat I, Gombert J, Laurent E, Morel E, Kolopp J, Guillermin PL, Hamon B, Simoneau P, Berruyer R and Poupard P (2017) Characterization of fungal pathogens (Diaporthe angelicae and D. eres) responsible for umbel browning and stem necrosis on carrot in France. Plant Pathology 66, 239-253.

Actions structurantes 2017 et rayonnement scientifique / Axe 2

IRHS équipe Fungisem : recrutement d'un IR autour de la thématique du biocontrôle et de la biostimulation appliqués aux semences et plantules

L'équipe FungiSem, s'appuie sur son expertise concernant les champignons phytopathogènes transmis à et par les semences pour développer une nouvelle thématique : le biocontrôle et la biostimulation vis-àvis des semences et plantules. Cette évolution a été soutenue par l'INRA (département SPE) et a permis le recrutement d'une Ingénieure de Recherche (Muriel Marchi) en mai 2017.

Par ailleurs, un stage post-doctoral est en cours (Nubia Velasquez, CIB BAYA, Colombie) dans le cadre de GERMRESIST (depuis octobre 2017) en réponse à l'appel à projet RFI objectif végétal (Functional genetic approach in *Arabidopsis* to describe adaptive mechanisms controlling both seed germination and resistance to the seed-borne necrotrophic fungus *Alternaria brassicicola*).

Mise en place d'un groupe d'experts autour du Biocontrôle et des Biostimulants

Le développement des solutions de biocontrôle et de biostimulation pour les plantes est en plein essor. Economiquement ces produits représenteront un chiffre d'affaire de 3 milliards et 4,5 milliards de dollars respectivement, d'ici à 2023 (Olson et al., 2015). Cette progression est liée aux politiques gouvernementales visant à limiter l'impact des produits phytopharmaceutiques sur la santé Humaine et l'environnement via un durcissement des réglementations concernant leurs l'utilisation (Ecophyto 2018 / Ecophyto 2025). La majorité de ces produits sont développés pour être utilisés sur des cultures pérennes telle que l'arboriculture et la viticulture mais aussi pour des cultures légumières). Cependant l'industrie semencière est affectée par l'interdiction d'un certain nombre de substances actives autrefois utilisées pour l'enrobage des graines (diniconazole, bitertanol, quazatine...). Seulement 5 produits de biocontrôle homologués sont disponibles pour les semences (base de données E-phy). Le développement de solutions de biocontrôle et de biostimulation spécifiquement formulées pour les semences repré-

sente donc un enjeu d'avenir. En effet la semence est un levier stratégique de l'établissement de la culture et donc de la qualité de la production. Pourtant très peu de recherches à ce jour s'intéressent au biocontrôle sur semence.

De ce constat, Joël Lechappé (Directeur de la SNES-GEVES) et Philippe Grappin (Maitre de Conférence, IRHS) ont proposé la création du groupe de réflexion BiBioS (Biocontrôle Biostimulation et Semences). Ce contexte de recherche est favorable car le bassin angevin regroupe des structures spécialisées dans différents domaines en lien avec les semences et leur production (FNAMS, IRHS, GEVES, GNIS...). BiBioS est un groupe qui a pour vocation de favoriser les collaborations entre les membres de la SFR (IRHS, GEVES et SONAS) dans le but de développer et d'évaluer des solutions de Biocontrôle et de Biostimulation sur les semences. Animé par Anne-Sophie Poisson (GEVES) et Muriel Marchi (IRHS), le groupe est en pleine structuration et ambitionne de renforcer sa visibilité à l'échelle nationale par la participation à différents évènements.

Journée d'animation de l'axe semences

Nous avons initié une nouvelle formule d'animation scientifique de la SFR avec l'organisation d'une journée « Seed biology and quality day » qui a eu lieu le 8 juin 2017. Cet évènement qui a attiré plus de 70 participants comportait le matin trois conférences par des orateurs de renom (Bill Finch-Savage, University of Warwick; Luis Lopez-Molina, University of Geneva; Henk Hillhorst, University of Wageningen), suivies par six

courtes communications de chercheurs et doctorants de l'IRHS l'après-midi. Cette journée a généré des interactions nombreuses avec l'auditoire, et un moment privilégié en fin de journée a été un solide brainstorming entre les experts invités, les post-doc et doctorants. Le grand succès de cette journée nous permet d'anticiper en 2018 un évènement qui sera focalisé sur les aspects sanitaires de la qualité des semences.

Faits marquants de l'Axe 3

Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Animateurs: Séverine Derbré (SONAS) et Soulaiman Sakr (IRHS-équipe Arch'E)

Végétal en milieu urbain

• • • • • • • • • • • • • • • • • •

Projet starter OBAUC (Ornamental Bush Architecture under Urban Conditions)

Afin de pouvoir produire des végétaux adaptés au milieu urbain, il est nécessaire de comprendre l'impact de ces contraintes sur le développement et la physiologie des plantes, avec toutefois la difficulté de mener des expérimentations in situ, en conditions contrôlées (lieu peu accessible, difficile à instrumentaliser, contraintes réglementaires...). Aussi, dans le cadre du projet starter (Ornamental Bush Architecture under Urban conditions : OBAUC), un consortium de trois équipes ligériennes dont les équipes ARCH-E et EPHor ont engagé une première étude sur le continuum sol-plante-atmosphère en milieu urbain. Des conditions urbaines «multi-contraintes» ont été mimées en serre (ombrage, stress hydrique et sol compacté) et leurs effets combinés sur le dé-

veloppement et la physiologie d'un arbuste ont été caractérisés. Des analyses complémentaires sont en cours pour appréhender les limites d'un dispositif en serre pour mimer au mieux le climat urbain. Cette question se pose notamment pour simuler la pluviométrie sur une séquence climatique de plusieurs jours. Ce projet qui

s'est terminé en fin 2017, sera valorisé par deux publications dans des revues internationales à comité de lecture (en cours de rédaction) et une communication à l'International Horticultural Congress (IHC 2018 à Istanbul, Turquie).

Projet starter Epiclones

Toujours en lien avec l'amélioration de la réponse physiologique de la plante aux conditions environnementales contraignantes du milieu urbain, le projet starter Epiclones, vise à évaluer si des plantes peuvent être acclimatées à un environnement défavorable en exposant préalablement des plantes-mères à ce stress puis en sélectionnant progressivement celles les plus résistantes à cet environnement pendant plusieurs cycles de multiplication végétative. L'hypothèse est qu'un stress peut générer des modifications épigénétiques dans le génome d'une plante, modifications

qui peuvent participer à son adaptation au stress et conservées dans les clones après multiplication végétative. Une telle stratégie pourrait donc s'appliquer aux nombreuses plantes horticoles qui se multiplient par voie végétative. Il s'agit d'un projet porté par l'équipe ARCH-E en collaboration avec l'équipe Epicenter, sur la période 2017-2019.

Projet CASDAR IRRADIANCE

En collaboration avec ASTREDHOR, l'équipe ARCH-E porte le projet IRRADIANCE (AAP CASDAR du ministère de l'agriculture, de l'agro-alimentaire et de la forêt), qui vise à mettre au point un système innovant de production de plantes horticoles compactes et ramifiées pour mieux répondre aux marchés urbains émergents. Cette démarche doit également tenir compte des exigences environnementales (réduction des intrants chimiques), économiques (diminution des coûts de production) et celles liées

aux attentes des consommateurs (maintien de la qualité du produit en cours d'utilisation). Ce travail permettra sur le plan académique d'identifier la modalité d'éclairement la plus efficace pour obtenir des plantes compactes et ramifiées et de caractériser la réponse génotypique au niveau architectural, physiologique et moléculaire. Sur le plan appliqué, il est attendu de proposer des itinéraires culturaux adaptés à ce nouveau système de production pour diverses plantes horticoles.

Valorisation Santé-Bien-être : Labellisation du LabCom Feed in Tech

.

Labellisation du LabCom Feed in Tech

En 2017, l'unité de recherche SONAS et l'entreprise Nor-Feed (directeur Pierre Chicoteau) associent leurs savoir-faire en matière de plantes et extraits de plantes à destination de la nutrition et de la santé animales. L'Agence nationale de la recherche (ANR) vient de labelliser leur Laboratoire commun (Lab-Com), baptisé « Feed in Tech » (300 k€/3 ans).

La diminution de l'usage de médicaments dans les élevages est un enjeu à la fois sociétal, partout dans le monde des consommateurs réclamant une alimentation plus saine et sanitaire, avec le développement de résistances bactériennes aux antibiotiques. Le LabCom va permettre d'accélérer les collaborations étroites entre les deux partenaires.

Ce LabCom Feed in Tech vise trois axes de recherche:

- La maîtrise des produits à base de plantes, c'està-dire identifier et maîtriser la quantification les marqueurs chimiques ;
- Un axe innovant concerne la modélisation biologique mettra au point des modèles, à partir d'insectes, qui permettraient d'évaluer facilement les impacts positifs ou négatifs de tel ou tel élément, de tel ou tel mix, afin d'optimiser la composition des aliments pour animaux;

• Le dernier axe concerne les bio-essais et les analyses métabolomiques associées s'appuyant sur des réseaux d'animaux vivants dans des fermes expérimentales de Nor-Feed.

Outre leur savoir-faire, les deux partenaires vont mettre en commun des ressources. humaines notamment : en plus de sept enseignants-chercheurs et ingénieurs du SONAS, et du service R&D de Nor-Feed, deux ingénieur.e.s et un.e doctorant.e vont être recrutées.





Qualités nutritionnelle et organoleptique des productions

Projet européen Optifel

Terminé en 2017, le Projet Optifel est un projet Européen, coordonné par l'INRA et impliquant GRAPPE, qui a permis : i) d'établir un cahier des charges des attentes et besoins notamment sensoriels des personnes âgées, ii) sur cette base de conceptualiser des produits à base de fruits et légumes, iii) puis de fabriquer des maquettes « produits » à tester auprès de ces personnes. Ce projet multidisciplinaire avec 26 partenaires français et européen a aussi mis en évidence la complexité à répondre aux attentes individuelles de personnes âgées dépendantes vivant en maison de retraite ou à domicile

Projet Pear'fection

Achevé également en 2017, le projet Pear'fection est un projet de recherche de l'USC GRAPPE, réalisé en partenariat avec des PME locales et financé par la Région Pays de Loire, qui avait pour objectifs: i) l'aptitude de différentes variétés de poires à la transformation en 4eme gamme et surgelées, ii) l'application de solutions permettant de préserver les poires du brunissement enzymatique tout en conservant leur qualité organoleptique, iii) une meilleure compréhension des perturbations métaboliques intervenant sur les poires découpées en lien avec la qualité et le vieillissement du produit.

Projet CICHROM

Le projet CICHROM visant à une meilleure maîtrise de la couleur des produits cidricoles a pris fin en juin 2017. Pour l'USC GRAPPE, le projet consistait en la mise en place d'un processus d'évaluation sensorielle permettant d'évaluer l'impact de la couleur du cidre sur l'appréciation des cidres et sur la perception sensorielle, puis à étudier l'impact des variétés et de technique de maîtrise d'oxydation sur les caractéristiques sensorielles. A l'issue de la phase qualitative en amont du projet, il ressort qu'il y a clairement une place possible pour de l'innovation, de la modernisation par un travail sur les contenants (bouteilles transparentes, bouteilles polies). Concernant l'impact de la couleur sur les préférences et les interactions avec les autres caractéristiques sensorielles, ce projet a démontré que les saveurs et

l'astringence sont très résistantes aux modifications de couleur. Les arômes, en revanche, sont un peu influencés par la couleur ; le fructose et les procyanidines agissent sur toutes les composantes organoleptiques. Concernant l'appréciation des cidres, les saveurs sont les principaux leviers de l'appréciation. La saturation et la teinte impactent les consommateurs. L'ensemble de ces résultats ont conduit à quelques recom-

mandations pour la filière cidricole.

Projet «étude des interactions génotype-environnement pour la maîtrise de la qualité chez la carotte »

Porté par l'équipe QUARVEG, le projet de thèse vise à identifier les facteurs environnementaux influençant le plus la qualité nutritionnelle de la carotte. L'accumulation des caroténoïdes constitue la principale caractéristique nutritionnelle de ce légume. Ce projet s'appuie sur le constat que le rôle des gènes codant les enzymes de la voie de biosynthèse des caroténoïdes dans l'élaboration de cette qualité n'explique que partiellement le déterminisme génétique et que

la modulation des facteurs génétiques par l'environnement reste largement méconnue. Outre l'aspect cognitif lié aux voies et mécanismes potentiellement impliqués, les résultats de ce projet se traduiront par des recommandations d'optimisation des systèmes de culture pour la production de carotte mais aussi des conditions favorables à la valorisation de variétés développées avec un objectif d'amélioration de la qualité nutritionnelle.

Qualité visuelle

• • • • • • • • • • • • • •

Projet « Génétique et épigénétique de la couleur de l'épiderme des pommes et des poires »

La qualité visuelle d'un produit est un facteur déterminant de l'acte d'achat par les consommateurs et de sa valeur économique. En lien avec la qualité visuelle de fruits, le projet de thèse «Génétique et épigénétique de la couleur de l'épiderme des pommes et des poires» vise à cerner la part du contrôle génétique et épigénétique dans l'élaboration de la couleur de l'épiderme des pommes et des poires. La couleur de l'épiderme des pommes et des poires. La couleur des fruits étant génétiquement hérité, la coloration finale d'un fruit tend d'être instable à cause d'un contrôle épigénétique qui est encore mal connu. Pour appréhender l'origine de ce problème, des méthodes de génétiques et épigénétiques sur pomme et poires seront appliquées, en exploitant un pool de mutants de coloration. Cette partie sera complétée par l'étude

de « l'épigénotype » de deux variétés de pomme génétiquement identique afin de tester si la variation phénotypique peut être expliquée par des processus épigénétiques. L'identification des marqueurs génétiques et épigénétiques permettra la prédiction de la coloration de fruits et ainsi servira d'améliorer

la création variétale des plants multipliés végétativement. Ce projet est porté par l'équipe Qualipom, en collaboration avec Epicenter et ImHorPhen, et bénéficie du financement de Chiana Scolarship Council.

Projet « Les plantes en rosette à feuillage panaché »

Concernant la qualité visuelle des plantes d'ornement, le projet de thèse sur les plantes en rosette (Yucca, Phormium, Dracaena...) à feuillage panaché a été initié en 2017. En effet, de nombreuses plantes de ce type sont très difficiles à multiplier, et le maintien de la conformité des cultivars panachés au cours de la multiplication est problématique. L'objectif de ce projet de thèse est d'identifier les déterminismes des panachures et étudier leur stabilité en fonction des conditions de multiplication. Ce projet s'articule autour trois enjeux complémentaires : i) un enjeu scientifique pour aboutir à une meilleure caractérisation des phénotypes feuillage panaché et à la connaissance de leurs déterminismes pour les variétés considérées, ii) un enjeu technique et économique avec l'optimisation des conditions de culture in vitro pour aboutir à l'élaboration de protocoles

permettant une production de jeunes plants économiquement rentable et iii) un enjeu stratégique pour l'entreprise et plus généralement le secteur horticole français avec une consolidation d'un savoir-faire. Crojet de thèse bénéficie d'un financement CIFRE et implique une collaboration entre les deux équipes de recherche GDO et Epicenter et l'entreprise André Briant Jeunes Plants (ABJP) à travers son laboratoire de culture in

vitro (Laboratoire Angevin des Plantes : LAP).

Qualité visuelle

Projet « Elaboration de la forme du rosier »

Un second projet de thèse sur la qualité visuelle des plantes d'ornement est porté par l'équipe ARCH-E. Il s'intéresse à l'élaboration de la forme du rosier, à travers la régulation de la capacité des bourgeons axillaires à croître et à former des nouveaux rameaux. Plus précisément, l'objectif de ce travail est d'examiner la contribution du métabolisme des ROS (Reactive Oxygen Species) dans la régulation du débourrement des bourgeons chez le rosier. Ce métabolisme des ROS s'avère impliquer dans divers aspects de

la physiologie des plantes tels que les mécanismes de défense, les réponses aux stress (sécheresse, UV, blessures). De plus, les NADPH oxydase (RBOHs), responsables de la production de peroxyde d'hydrogène dans l'apoplaste, ont été caractérisées comme d'importants contributeurs de la régulation du débourrement des bourgeons, puisque l'extinction du gène des PROHs conduit

.

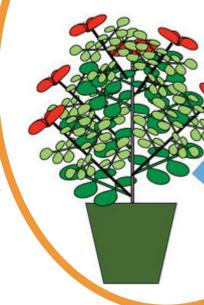
tinction du gène des RBOHs conduit à une diminution du processus de

ramification.

Projet « Effet de l'intensité lumineuse sur le gradient de ramification du rosier »

Financé par le RFI « Objectif végétal » et conduit au sein de l'équipe ARCH-E, le projet de thèse portant sur l'effet de l'intensité lumineuse sur le gradient de ramification a été achevé en 2017. Il est à noter que ce projet a permis de montrer qu'une baisse d'intensité lumineuse réduit le nombre de bourgeons qui débourrent tout le long de la tige du rosier en jouant sur l'équilibre hormonal : diminution des teneurs en cytokinines (CK) et augmentation de l'acide abscissique (ABA). Les CK sont des hormones stimulatrices du débourrement alors que l'ABA l'inhibe. Ce nouvel équilibre est donc défavorable au débourrement des bourgeons et est responsable du faible nombre de ramifications qui se développent quand l'inten-

sité lumineuse est basse. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives de recherche en vue de produire des rosiers (des plantes) bien ramifiés dans des conditions d'intensité lumineuse variable. Ceci pourrait déboucher sur des économies d'éclairage artificiel en serre.



Actions structurantes 2017 et rayonnement scientifique / Axe 3



Nouvelle animation scientifique en 2017

Dans une perspective de construction d'un réseau Européen sur la thématique du végétal en milieu urbain, cette dernière était au cœur de l'animation annuelle de l'axe 3, financé par le RFI Objectif végétal [29 septembre 2017, Angers, sept équipes nationales dont ARCH-E et EPHor (programme de la journée en Annexe 3)]. Ce séminaire était l'occasion de faire un bilan sur la diversité et la transdisciplinarité des sujets traités par les différentes équipes de recherche, de faire ressortir les spécificités et les complémentarités

des sujets abordés et d'initier une première réflexion, qu'il faut évidemment continuer, sur des sujets pouvant faire l'objet de collaborations entre ces équipes. Ce séminaire a également montré une forte complémentarité entre les différentes équipes pour les questions scientifiques abordées et une spécificité des équipes de la SFR, notamment dans le domaine des approches liées au phénotypage et de la physiologie du végétal en milieu urbain.

« Reviews and Opinion Papers »

 Laurens F. et al, 2018. An integrated approach for increasing breeding efficiency in apple and peach in Europe. Accepted for publication in Horticulture Research

Organisation de colloques

• VII International Symposium on Rose Research and Cultivation. Ce symposium, organisé par les deux équipes de l'IRHS travaillant sur le rosier (GDO, BAP et Arch-E, EA), s'est tenu sous les auspices de la société internationale pour la science horticole (ISHS). Ce congrès a réuni près de 140 sélectionneurs, producteurs et chercheurs venus de 20 pays.

• 17 juillet 2017 au 19 juillet 2017: 5th AFERP International Conference « Pharmacognosy from Here and There », Angers. Ce congrès a réuni près de 150 chercheurs académiques et industriels, français et étrangers, autour de la chimie et de la valorisation des produits naturels.

Invitations à des colloques

- Réunion internationale du consortium US Rosbreed: 13/01/2017 à (San Diego, USA. Objectif : Point sur l'avancée des travaux du projet ; mise ne place de collaborations internationales)
- Symposium « Healthy aging -the impact of plants and natural products » 28 avril 2017, Innsbruck (Autriche): P. Richomme: "Turning 60 is easier with Garcinia kola seed gifts »
- International Malaysian French Scientific Conference « Inspired by Nature, delivered through science for a better world » 17-19/12/2017, Kuala-Lumpur (Malaisie): P. Richomme: «Valorization of

Natural Products: From alternative crop protection to anti-inflammatory agents »; S. Derbré: « NMR dereplication of Asian Clusiaceae and Calophyllaceae as promising sources of immunosuppressive PPAPs»; A. Schinkovitz: « Matrix assisted and matrix free laser desorption ionization as a versatile tool for the chemical profiling of natural products »

• VII International Symposium on Rose Research and Cultivation (Angers, July 2-7, 2017): Fabrice Foucher « Rose genome sequencing initiative »; Nathalie Leduc « Light targets cytokinins as early signaling vectors to control bud outgrowth in Rose »



Moyens techniques mutualisés

Les plateaux techniques mutualisés (PTM) et plateformes (PF)

La SFR poursuit la mise en commun des outils et compétences par la gestion de trois plateaux techniques mutualisés et trois plateformes :



Analyse des acides nucléiques

L'activité de ce PTM initialement dédié principalement au génotypage s'est étendu à la génomique (NGS) et à l'analyse à haut-débit de l'expression de gènes (micro-array, RNAseq).



Imagerie Cellulaire

Basé sur un service commun de microscopie antérieur à la SFR, ce PTM a évolué vers des techniques de microscopie moderne : microscopie confocale, analyse MEB, microscopie à épifluorescence et récemment hybridation in situ



Collection de microorganismes

Adossé la Collection Française de Bactéries associées aux Plantes (CIRM-CFBP) gérée par l'IRHS, ce PTM fait bénéficier d'autres unités des compétences de la CFBP pour la gestion des collections de microorganismes et leur conservation.



Analyses phytochimiques

Cette plateforme propose des outils et compétences dédiées aux analyses qualitatives ou quantitatives de métabolites secondaires d'origine végétale. Cette extension d'un service commun universitaire répondant aux besoins spécifiques des sciences du végétal a été labellisé en 2014 par le réseau de métabolomique CORSAIRE de BioGenOuest



Analyse sensorielle du Végétal

Cette plateforme mise en place depuis plusieurs années à l'ESA est adossée à la SFR depuis janvier 2014 pour mettre à disposition ses compétences et son expertise méthodologique pour l'analyse sensorielle des produits et l'appréciation des consommateurs.



Phénotypage des Semences et des Plantes

Cette plateforme est basée sur un ensemble d'équipements dédiés au phénotypage des végétaux et sur les expertises co-développées par les biologistes et chercheurs spécialisés en imagerie (LARIS). Elle a été labellisée BioGenOuest en 2014.





Chaque structure est autonome d'un point de vue budgétaire pour son fonctionnement, la SFR intervenant principalement au niveau de l'acquisition, l'entretien ou la jouvence des équipements et, dans la mesure de ses possibilités, pour le recrutement de personnel dédié.

La SFR se mobilise plus particulièrement pour soutenir auprès des tutelles les demandes jugées prioritaires en particulier pour renforcer les plateaux techniques mutualisés. Les évolutions des moyens humains affectés aux structures mutualisées en 2017 sont les suivantes :

- sur le plateau IMAC, David Macherel (Pr à l'UA) a accepté de prendre la responsabilité scientifique de ce PTM et Aurélia Rolland (Ingénieure UA) d'en assurer la responsabilité opérationnelle depuis début 2017. Fabienne Simoneau complète le dispositif en continuant à apporter son soutien technique.
- sur le plateau ANAN, Sandrine Balzergue (IR INRA) assure la responsabilité scientifique depuis septembre 2017 pour environ 10 % de son temps à la suite de Laurence Hibrand-Saint-Oyant, qui a laissé la responsabilité scientifique, mais reste impliquée sur le plateau pour le génotypage. La responsabilité technique du plateau reste dans les mains de Muriel Bahut.
- sur la plateforme PHENOTIC, le support CDD Ingénieur (IE) de Céline Rousseau pour assurer la responsabilité technique de la plateforme a été soutenu par la SFR (salaire partagé UA-SFR) jusqu'à la fin de son contrat fin mai 2017 (départ pour prise de fonction sur un CDI). Le salaire d'un ingénieur (Florian Barbazange) dédié au déploiement du site web de la plateforme a été pris en charge par la SFR pour les trois premiers mois de son contrat (octobre à décembre 2017) avant que l'UA ne prenne le relais.







Responsables

- Muriel Bahut : PTM ANAN, Campus du Végétal, 42 rue George Morel, 49071 Beaucouzé Tel : 02 41 22 56 76 ; e-mail : muriel.bahut@univ-angers.fr
- Sandrine Balzergue : Centre INRA d'Angers, IRHS, BP 60057 49071 Beaucouzé CEDEX sandrine.balzergue@inra.fr

Introduction

Le plateau technique ANAN met à disposition des outils de caractérisation et d'analyse des acides nucléiques. Ce Plateau Technique est ouvert en priorité aux membres de la SFR QuaSaV et à ses partenaires associés. Ces outils recouvrent principalement trois axes d'études :

- L'analyse de séquences avec l'utilisation du séquenceur Miseq et du séquenceur de 3^{ème} génération MinION
- L'analyse de l'expression des gènes de manière globale par hybridation sur puce ADN avec l'utilisation du scanner ou de manière ciblée par utilisation de la QPCR couplée à l'utilisation du robot de pipetage
- Le génotypage avec l'utilisation de l'électrophorèse capillaire

Ce plateau technique a pour but de :

- 1. Permettre aux équipes de la SFR d'accéder facilement à des technologies de génomique à moyen débit de manière environnée ou non. Ceci permettant des études préliminaires et/ou des mises au point technologique notamment avant le passage en haut débit vers des plateformes dédiées (BioGenOuest-Grand Ouest et GENTYANE -INRA Clermont-Ferrand par exemple).
- 2. Conseiller les équipes de la SFR sur les approches en génotypage, transcriptomique et séquençage afin de répondre au mieux à leurs questions biologiques





Faits marquants

D'un point de vue **technique** plusieurs évolutions ont été réalisées en 2017 :

Le scanner à puces Nimblegen permettant de répondre aux projets d'analyse transcriptomique pour les équipes de la SFR était défaillant depuis plus d'un an. Grâce à l'apport financier du CPER et de la SFR, le plateau a pu changer cet équipement et s'est doté depuis décembre 2017 d'un scanner à puce Labomix (INNOPSYS). Cet appareil sera en service début février 2018 et permettra ainsi de poursuivre cette activité transcriptomique sur le plateau ANAN et de réaliser les projets en attente en offrant aux équipes de la SFR de bonnes conditions de réalisations des projets.

L'Experion (Biorad) est un outil d'électrophorèse capillaire miniaturisé pour évaluer la qualité des acides nucléiques purifiés ainsi que leur taille. Avec le développement et la généralisation des séquençages de génome, cet outil ne correspondait plus aux besoins. Le plateau technique ANAN s'est ainsi doté d'un bioanalyzer (Agilent) permettant notamment de valider la préparation des librairies et de s'intéresser à des gammes échantillons plus diversifiées (miRNA, ARN en très petites quantités...). Cet appareil a été financé avec une participation du CPER, de la SFR QuaSaV et des équipes de l'IRHS.

Le robot de pipetage Zéphyr est actuellement très utilisé pour la réalisation de plaques 384 de qPCR. Il était également équipé d'une pompe et d'éléments permettant de réaliser des extractions d'acides nucléiques sur colonne. Toutefois ce protocole était très peu utilisé du fait de rendements d'extraction peu élevés et de problèmes de colmatage des colonnes nécessitant une intervention manuelle. Il a donc été décidé de modifier la configuration du robot et d'acheter une aimant adapté pour pouvoir effectuer des extractions d'acides nucléiques par billes aimantées ainsi que les protocoles de purification sur billes automatisés. Les premiers protocoles ont été développés en janvier 2018 et sont en cours de validation.

D'un point de vue **fonctionnement** du plateau, le changement majeur cette année a été le passage de relais à la direction scientifique du plateau entre Laurence Hibrand-Saint Oyant et Sandrine Balzergue en septembre 2017. Le changement de direction à la tête de la SFR début 2017 et du plateau ANAN en septembre 2017 a entrainé des changements d'organisation avec une structuration plus claire du plateau :

- Un Comité de pilotage du plateau ANAN réunis la direction de la SFR, la direction du PTM ANAN et éventuellement les référents du plateau ANAN si nécessaire. Ce Comité se rencontre tous les 2 mois pour faire le point sur le fonctionnement du plateau. Les décisions sur la gestion du plateau sont prises lors de ces réunions, avant d'être soumises si nécessaire au comité de pilotage de la SFR.
- Un groupe de référents reste en appui technique de la direction du plateau ANAN. Les référents sont sollicités pour apporter leur aide ou leur expertise sur les projets et les techniques mises en œuvre ou à mettre en œuvre sur le plateau.
- Des réunions bimestrielles sont organisées avec l'équipe bioinformatique pour répondre aux besoins de développement du plateau.
- Une réunion utilisateurs est organisée 2 fois par an.

Cette nouvelle organisation permet d'avoir un fonctionnement plus clair et plus efficace du plateau et permet notamment d'avoir un échange plus régulier avec la direction de la SFR.





Présentation de l'équipe mise en place depuis mai 2017

Responsables

• Responsable scientifique :

David Macherel, Prof. Université Angers (UMR1345, IRHS-SMS (Seedling establishment, Metabolism and Stress), Tél: 02-41-22-55-31, david.macherel@univ-angers.fr

• Responsable opérationnelle :

Aurélia Rolland, Ing Et. Université Angers (UMR1345 IRHS, PTM IMAC, Campus du Végétal), Tél : 02-41-22-56-62, aurelia.rolland@univ-angers.fr

• Responsable technique :

Fabienne Simonneau, Tech. INRA (UMR1345 IRHS, PTM IMAC, Campus du Végétal), Tél : 02-41-22-56-62, fabienne.simonneau@inra.fr

Introduction

Le plateau technique mutualisé d'IMAgerie Cellulaire (PTM-IMAC) de la SFR4207 QuaSaV a pour vocation de répondre aux besoins d'imagerie cellulaire des équipes et des projets de la communauté scientifique végétale angevine et de ses partenaires, en mettant à disposition des équipements performants et spécialisés, en offrant l'accès à des technologies de pointe et à l'expertise qui leur est associée. Il s'agit également de favoriser les synergies entre technologies complémentaires grâce à un accueil centralisé et à l'accompagnement de projets pluridisciplinaires.

Le plateau technique est destiné aux approches histologiques et cytologiques en microscopie. Il met à disposition du matériel, des compétences techniques et une aide à l'interprétation des résultats.

Sur ce plateau, il est possible de réaliser les techniques classiques d'histologie (fixation, inclusions, coupes au microtome, colorations et analyses d'images, préparation extemporanées avec coupes au cryostat ou au vibratome), de cytologie (caryotype, hybridation *in situ*...) et d'observation en microscopie optique, électronique (mini-MEB) et photonique (microscopie à épifluorescence, microscopie confocale à balayage laser).

Les préparations pour la microscopie électronique à transmission et à balayage sont également possibles en collaboration avec le service commun de microscope de l'université d'Angers, le SCIAM.





Faits marquants

Des évolutions importantes au niveau de l'équipe IMAC sont intervenues en 2017, Aurélia Rolland (Ingénieur d'études UA) a pris à plein temps la responsabilité opérationnelle du plateau IMAC. Ses missions sont d'assurer la responsabilité technique du plateau d'imagerie cellulaire et la coordination de son comité de pilotage. Il s'agit de concevoir, de développer et de conduire des approches d'imagerie cellulaire pour répondre à des projets de recherches émanant d'utilisateur du service et de partenaires scientifiques.

David Macherel a pris en charge la responsabilité scientifique du plateau IMAC. Du fait de son expertise en imagerie cellulaire et en physiologie des plantes, il apporte ainsi un soutien concernant les développements technologiques mutualisés et innovants à apporter pour enrichir l'offre de prestation, en relation avec les projets scientifiques des chercheurs.

Fabienne Simonneau est responsable technique depuis fin 2011 sur le plateau, et constitue du fait de son expertise technique et de sa capacité de gestion et d'organisation un élément indispensable au bon fonctionnement du plateau.

Réactualisation et évolution de la fiche projet : une des modalités de fonctionnement du plateau concerne l'enregistrement d'une fiche projet-IMAC qui est à renseigner par les chercheurs souhaitant effectuer des analyses. Dans un souci de simplification et d'homogénéisation, la nouvelle version est dorénavant en format PDF et propose des zones de remplissage par menu déroulant, afin de simplifier au maximum sa compréhension.

Le plateau IMAC a participé au **tournage de séquences vidéo** au microscope confocal et au microscope électronique à balayage à l'initiative du RFI Objectif végétal, de la direction SFR et des chargés de communication des établissements Angevins sur les thématiques végétales en Région Pays de la Loire. Cette vidéo a pour mission de mettre en avant les forces du Pôle végétal angevin et des thématiques de recherche de la SFR QuaSaV, et ainsi de présenter l'activité les plateaux et plateformes qui y sont associés.

Le plateau IMAC a organisé trois journées de démonstration en vue de l'acquisition envisagée d'un nouveau MACROSCOPE en lumière blanche & en épifluorescence, à champ large, à faible grossissement pour l'acquisition d'image 2D et la réalisation automatisée d'images 3D. Les démonstrations ont concerné le macroscope AXIO ZOOM V16 (ZEISS), du stéréo-microscope M205FA (LEICA) et du macroscope AZ-100 (NIKON). Ces différentes journées comportaient une présentation orale pour le descriptif de l'équipement d'une heure par les Ingénieurs des ventes, puis 7 à 10 créneaux d'observation/manipulation sur réservation, par des utilisateurs de la SFR-QuaSaV . Ces journées de démonstration sont pour le plateau le moyen d'affiner et d'ajuster au plus près les besoins en imagerie de la communauté scientifique de la SFR QuaSaV , et d'effectuer des essais sur un panel d'échantillons le plus diversifiés possibles et le cas échéant de pouvoir les comparer en les imageant sur les différents types d'équipements.

Remise en fonctionnement du MEB: depuis son acquisition en 2012, le microscope électronique de table Phenom G2 pro a montré des défaillances à plusieurs reprises. L'appareil a été renvoyé pour contrôle au cours de l'année 2016 à la société France scientifique qui distribue désormais la gamme Phenom. L'appareil est revenu en septembre 2016 et a été remis en route le 3 février 2017 par un technicien. Depuis cet appareil est fonctionnel et s'avère très sollicité par les chercheurs. Le plateau sera d'îci peu contacté par la société France scientifique pour proposer aux utilisateurs une journée de démonstration sur un nouvel appareil venant enrichir la gamme.



PLATEAU TECHNIQUE

COMIC: Collections de micro-organismes

Responsable

Perrine Portier: IRHS, équipe Emersys, CIRM-CFBP

Introduction

L'objectif du plateau technique COMIC est de permettre aux membres de la SFR d'améliorer et pérenniser la conservation de leurs ressources microbiennes. A cette fin, COMIC permet la mise à disposition de diverses solutions techniques et une expertise dans le domaine de la conservation.

COMIC propose:

- Un service de lyophilisation, de souches ou d'échantillons
- Un service de conservation de double de collection a -80°C ou dans l'azote liquide
- Un service d'accompagnement pour l'amélioration de la qualité de la conservation.

Les projets des différents partenaires sont écrits au fil de l'eau





Faits marquants

Le projet PROXY

Les collections de microorganismes phytopathogènes conservées au CIRM-CFBP et dans COMIC sont constituées pour la plupart d'individus isolés de symptômes de maladie sur plante. Cependant cela ne préjuge pas du pouvoir pathogène de ces souches.

Pour cela des tests de pouvoir pathogène sont nécessaires, mais ils ne sont pas toujours réalisables car ils sont coûteux en temps, matériel, et compétences. De plus il n'est pas possible de maîtriser tous les pathosystèmes.

Est-ce qu'une collection de cultivars (ou transformants) d'*Arabidopsis thaliana* ne pourrait pas constituer un proxy pour permettre d'évaluer le pouvoir pathogène de souches diverses, même non pathogènes des crucifères ? Est-ce qu'il est possible d'établir des corrélations entre la gamme de réponse à différents pathogènes et leur pouvoir pathogène ?

La plateforme PHENOTIC possède l'équipement pour évaluer l'impact des pathogènes sur les plantes. Par contre elle n'a pour le moment que peu d'expérience sur l'imagerie d'*Arabidopsis thaliana* et de plus, une augmentation du débit d'analyse serait nécessaire.

Les objectifs du projet PROXY sont donc de :

- Concevoir une boite permettant de cultiver, inoculer et imager plusieurs plants d'*Arabidopsis* simultanément.
- Tester pour commencer 8 à 16 cultivars d'*Arabidopsis thaliana* inoculés avec une petite collection (une dizaine) de souches de bactéries phytopathogènes variées afin d'estimer la réponse des plantes à ces différents pathogènes.

Les résultats majeurs obtenus sont :

- La boite ProxBox a été conçu, réalisée et testée. Cette boite permet la culture simultanée de 4 plants d'Arabidopsis et facilite la mise au noir et le positionnement des plantes pour une prise d'image calibrée en imagerie de fluorescence de chlorophylle. Cela permettra de faciliter le suivi d'une plante au cours de cinétiques de développement de symptômes. La ProxBox est une réussite qui atteint ses objectifs.
- 8 cultivars d'Arabidopsis ont été testés contre une collection de 8 bactéries pathogènes ou non.

Ces expérimentations n'ont pas permis d'arriver à des résultats biologiques exploitables. Cependant, de nombreux points clés ont été identifiés lors de ce projet. Aujourd'hui les équipes de COMIC et PHENOTIC connaissent précisément les points à travailler afin de rendre le système opérationnel.

Par exemple :

- Méthode d'inoculation des plantes. Le système actuel impliquant une pompe demande des améliorations.
- Méthode informatique de segmentation des images. Les systèmes actuels ne permettent pas de manière facile et automatique de détourer les plantes, notamment quand elles se recouvrent.



PHYTO: Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

.

Responsables

- David Guilet (SONAS)
- Dimitri Bréard (SONAS, 1/2 temps)

Introduction

Le plateau technique PHYTO est un ensemble mutualisé d'équipements dédiés à l'analyse phytochimique et couvrant les principaux besoins dans ce domaine :

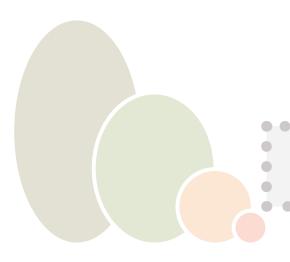
- Réalisation d'extraits végétaux,
- Développement de méthodes chromatographiques analytiques couplées [UV-DAD, spectrométrie de masse (MS)...]
- Fractionnement et purification par chromatographie semi-préparatives et préparatives,
- Identification structurale, notamment par spectrométrie de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) mono et bidimensionnelle

L'objectif principal de ce plateau est d'apporter un support scientifique et technique aux membres de la SFR souhaitant réaliser des analyses qualitatives ou quantitatives de métabolites secondaires d'origine végétale.

Actuellement, le PT PHYTO est constitué d'équipements mutualisés par le SONAS (EA 921), mutualisés par le plateau Astral (SFR Matrix, ex-PIAM), et aussi quelques équipements acquis par la SFR QuaSaV.

Le plateau élargi aux spectromètres de la SFR Astral, défini comme PIAM Phyto, a reçu la labellisation Biogen-Ouest en janvier 2014 et participe dans ce cadre au comité de pilotage du réseau Corsaire





PHYTO: Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

Faits marquants

En matière d'équipements

• Achat et Installation d'une chaîne HPLC-DAD-UV/DEDL avec four à colonne et injecteur automatique thermostaté, financement FUI GreenProtect pour 47 250 €.

En termes de publications

- Jaber, A; Seraphin, D; Guilet, D; Osuga, J; Cheble, E; Ibrahim, G; Richomme, P; Schinkovitz, A. 2017 Bithiophenic MALDI matrices as valuable leads for the selective detection of alkaloids, Analytical and Bioanalytical Chemistry. 409(29): 6791-6801.
- Séraphin, D; Guilet, D; Schinkovitz, A; Richomme, P; Dias, M; Levillain, E; Jaber, A : Matrice pour la détection spécifique des alcaloïdes par spectrométrie de masse MALDI-TOF BREVET Dépôt FRA 2017
- Engler, P; Guilet, D; Chicoteau, P: Méthode de quantification d'un extrait de plante à faible dose dans de l'aliment pour bétail» BREVET Dépôt FRA 2017De Nardi F, Lefort C, Bréard D, Richomme P, Legros C and Guérineau NC (2017) Monitoring the Secretory Behavior of the Rat Adrenal Medulla by High-Performance Liquid Chromatography-Based Catecholamine Assay from Slice Supernatants. Front. Endocrinol. 8:248.

Projets représentatifs mis en œuvre sur la période impliquant le plateau

- Chemotypage par MALDI TOF, Thèse MRT (financement, RFI Végétal, directeur A. Schinkovitz), en collaboration avec Respom (début sept.2017)
- Sensitines, projet SATT en collaboration avec Fungisem & Respom (début 2017)
- Projet Labcom, (collaboration Nor Feed, PME spécialisée en additifs d'origine végétale pour la nutrition animale), dépôt mars 2017.



Responsables

- Tristan BOUREAU (IRHS équipes EmerSys et ImHorPhen)
- Etienne BELIN (LARIS)

Introduction

La plateforme Phenotic rassemble des outils de phénotypage basés essentiellement sur l'acquisition et le traitement d'images conventionnelle et non conventionnelle. Deux offres complémentaires sont proposées :

- Phenosem (outils hébergés à la SNES-GEVES) dont l'offre est centrée sur les semences et plantules et vise à obtenir des paramètres phénotypiques caractérisant la qualité des semences.
- Phenoplant (outils hébergés dans les INEM) concerne les plantes entières et vise à proposer des outils d'analyse phénotypique des interactions hôtes agent pathogène et la qualité des productions horticoles.

Les domaines d'applications de ces offres dédiées au végétal spécialisé-horticulture et production de semences sont :

- Caractérisation des espèces et diversité génétique, sélection variétale
- Déterminisme génétique (QTL)
- Paramétrage pour modélisation
- Comparaison de la virulence, de l'agressivité d'agents pathogènes
- Évaluation de la vigueur des lots de semences.



Faits marquants

- La plateforme a demandé 2 labellisations :
 - ► IBISA (pré-labellisation sans financement obtenu)
 - ► ISC (en cours)
- Constitution d'une équipe de recherche IRHS «ImHorPhen» (pilotage D. Rousseau) pour adossement de la plateforme Phenotic
- Via financement BGO pour IGE informatique :
 - déploiement (en cours) d'un système d'information (base de données) de phénotypage (PHIS)
- Le support CDD Ingénieur (IE) de Céline Rousseau pour assurer la responsabilité technique de la plateforme a été soutenu par la SFR (salaire partagé UA-SFR) jusqu'à la fin de son contrat fin mai 2017 (départ pour prise de fonction sur un CDI). Le salaire d'un ingénieur (Florian Barbazange) dédié au déploiement du site web de la plateforme a été pris en charge par la SFR pour les trois premiers mois de son contrat (Octobre à Décembre 2017) avant que l'UA ne prenne le relais.
- EPPN2020 (porteur F. TARDIEU INRA Montpellier) : implication de Phenotic dans un projet européen d'Infrastructure EPPN2020. Dans ce cadre, des scientifiques européens seront accueillis et encadrés pour l'obtention et l'analyse de données de phénotypage (imagerie fluorescence de chlorophylle)
- Dans le contexte du **CPER 2016-2020**, pour 2017, la demande d'achat pour une chaîne de phénotypage «Phenotic Track» fait partie du projet de montée en puissance d'un pôle d'ingénierie sur le phénotypage dédié à l'horticulture et aux semences. Cette demande d'achat est centrale dans la stratégie scientifique de la plateforme.
 - La chaîne «Phenotic Track» pour le phénotypage intégré de la graine à la plante permettra l'acquisition de données phénotypiques sans équivalent à notre connaissance, en termes de volumes, de diversité de plantes horticoles et de bio-agresseurs étudiés. La chaîne «Phenotic Track» à haut débit pour le phénotypage intégré de la graine à la plante par des approches d'imagerie multimodales et multi-échelles est composée de 3 maillons :
 - ▶ 2 imageurs Multicam (dont 1 dédié OGM situé en serre S2).
 - ▶ l'équipement de modules climatiques (S2-S3) de la plateforme Phenotic (hébergée à l'IRHS) avec un éclairage LED à intensité modulable.
 - ► Création d'un système robotisé de phénotypage «Phenobean» pour le suivi cinétique de l'état sanitaire de la plante au cours de son développement en conditions contrôlées.



Responsable

Ronan SYMONEAUX

Groupe ESA - 55, rue Rabelais – BP 30748 - 49007 Angers Tél. 33 (0)2.41.23.56.05, e-mail : r.symoneaux@groupe-esa.com

Introduction

L'objectif de la plateforme mutualisée Senso'Veg est de :

- Faire bénéficier les membres de la SFR QuaSaV des compétences & de l'expertise méthodologique pour l'analyse sensorielle des produits et l'appréciation des consommateurs.
- Mettre à disposition l'équipement d'analyse sensorielle, les consommateurs et panels entraînés et le savoir-faire en sensométrie
- Développer, adapter les méthodes d'évaluation en lien avec les problématiques sensorielles des chercheurs de la SFR
- Intégrer les attentes et préférences sensorielles des consommateurs dans le processus d'innovation et d'amélioration des plantes et des produits

La plateforme mutualisée repose sur l'expertise sensorielle portée par l'unité de recherche GRAPPE (ESA-INRA).





Faits marquants

Axe Fruits & Légumes, Vin & Cidre, Protéine Végétale

Plusieurs projets intégrant la qualité des produits et la perception des consommateurs sont en cours ou se terminent au sein de l'unité de Recherche GRAPPE et utilisent la plateforme Senso'Veg. Au-delà de l'ancrage sur les Fruits et Légumes, le vin et le cidre, la plateforme travaille désormais également sur l'évaluation sensorielle des Protéines Végétales et le panel entraîné suit une formation dans ce sens.

- Fruits & Légumes :
 - ▶ OPTIFEL (Projet européen pour identifier les besoins et les souhaits des seniors pour concevoir, élaborer et valider des produits alimentaires à base de fruits et légumes optimisés pour les personnes âgées.)
- Cidre :
 - ► CICHROM (Perception de la couleur du cidre réalisé en collaboration avec l'unité BIA Equipe PRP)
 - ► CIDARI (Perception des aromes du cidre réalisé en collaboration avec l'unité BIA Equipe PRP)
- Vin :
 - ▶ VSS (Acceptabilité des Vins Sans Sulfites par les consommateurs)
 - Typicité des Rosés (Evaluation de l'exemplarité sensorielle des rosés de Provence par les professionnels)
 - ▶ Projet Chenin (Evaluation des expressions aromatiques des Chenins du Val de Loire)
- Protéine Végétale :
 - Arsene (Détermination des caractéristiques sensorielles, et notamment aromatiques, des protéines végétales dans des matrices simples et complexes)

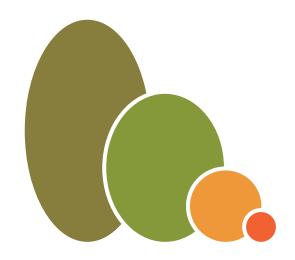
Une thèse portant sur une problématique de développement méthodologique vient également de débuter, financé par le RFI Food For Tomorrow et le Groupe ESA. Elle ambitionne de revisiter le profil sensoriel aromatique en intégrant les concepts de taxonomie perceptuelle et sémantique pour proposer une nouvelle méthode d'acquisition des données sensorielles.

Axe Plantes ornementales

La période 2016-2017 a été l'occasion d'un renforcement des activités en lien la perception des plantes ornementales par les consommateurs et l'utilisation des outils sensoriels dans la filière du végétal d'ornement. La plateforme Senso'Veg poursuit son implication dans leprojet EVAL'INNOV porté par l'Astredhor Loire Bretagne. Elle apporte son expertise pour l'intégration des consommateurs dans l'évaluation d'innovations variétales ou techniques testées dans le projet. Plusieurs valorisations techniques et scientifiques ont été réalisées dans ce cadre.

La plateforme Senso'Veg est également impliquée dans l'UMT STRATEGE qui a pour ambition d'apporter de nouvelles stratégies techniques et marketing pour mieux répondre aux marchés urbains émergents. Dans ce cadre, la plateforme Senso'Veg apporte également son expertise pour l'évaluation des concepts testés et l'intégration des consommateurs dans les processus d'innovation.

Un projet est en cours de construction dans la suite du projet « Evalinnov » avec plusieurs acteurs de l'UMT Stratège. Par ailleurs, une thèse CIFRE est également en cours de finalisation pour un obtenteur de plantes ornementales qui souhaite croiser les approches génétiques et les attentes des consommateurs dans le cadre de son programme de sélection.



Animation scientifique de la SFR QuaSaV

Les journées thématiques des axes de la SFR

Une animation scientifique centrée sur les axes scientifiques fédérateurs de la SFR QuaSaV a été initiée en 2017. Chaque axe organise ainsi une journée d'animation scientifique permettant de faire le point sur une thématique de l'axe grâce à la participation d'invités extérieurs et de chercheurs-doctorants du site. Trois journées ont ainsi été organisées en 2017 :

- L'axe 1 « Gestion durable de la santé des plantes » a organisé sa journée le 24 novembre 2017 sur le thème « Le biocontrôle dans la lutte contre les bioagresseurs ». Cette journée a été adossée à la journée de Lancement du Consortium Biocontrôle qui s'est tenu à la Maison du Végétal, sous l'égide de Végépolys, le 23 novembre 2017. Le programme de la journée de l'axe est disponible en Annexe 1.
- L'axe 2 « Biologie, qualité et santé des semences » a initié ce nouveau type d'animation par une journée autour des « Semences, stress et environnement » le 8 juin 2017. Le programme est disponible en Annexe 2.
- L'axe 3 « Qualités des productions végétales spécialisées » a organisé sa journée d'animation sur le thème «Végétal en milieu urbain » le 29 septembre 2017. Le programme est disponible en Annexe 3.

Les Séminaires scientifiques de la SFR

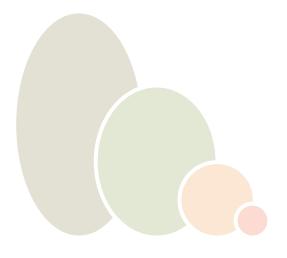
Les Séminaires scientifiques de la SFR ont été organisés bi-hebdomadairement puis mensuellement de 2004. La participation avait cependant tendance à s'éroder donnant l'impression qu'un renouvellement de cette action centrale de l'animation scientifique était nécessaire. C'est ainsi que nous avons mis en place en 2017 les journées thématiques des axes scientifiques fédérateurs de la SFR (voir supra). Il n'y a donc plus de programmation de séminaires scientifiques de manière régulière, en revanche les interventions à la demande restent possibles. Ces interventions sont organisées afin de permettre l'intervention de collègues en visite, ou de permettre l'intervention de collègues sollicités sur un thème particulier. Ils se tiennent dans un amphithéâtre d'AGROCAMPUS OUEST et sont annoncés dans le mois précédent l'intervention, dans la mesure du possible. Ces séminaires sont publics. Avec le changement d'organisation en 2017, aucune intervention à la demande n'a été réalisée. Cependant, une est déjà programmée en 2018.

La Journée des doctorants

La Journée des doctorants est un autre point fort de l'animation scientifique de la SFR. Cette journée a été organisée en 2017 par le binôme de doctorants constitué par Justine Colou (IRHS-Fungisem) et Claude Koutouan (IRHS-QuarVeg) représentant des doctorants des différentes unités constituantes de la SFR. Cette journée organisée avec l'appui de la SFR est réalisée en lien avec l'Ecole Doctorale d'Angers. Les doctorants en début de 3ème année de thèse sont invités à présenter leurs travaux. En 2017, ce sont 10 doctorants qui ont présenté leurs travaux le 3 octobre 2017 devant un jury composé de 10 chercheurs –enseignants-chercheurs représentants les unités de la SFR. L'assistance d'environ 50 à 70 personnes était interactive. L'ensemble des membres des jurys et auditeurs a souligné la grande qualité des supports et des exposés scientifiques. A l'issue de ces journées, les récompenses d'un montant unitaire de 1300€ ont été décernées par le jury à Kay Gully (IRHS-Epicenter) pour son exposé intitulé Regulation of plant development and defense response by SCOOP, a new small endogenous peptide" et à Elise Réthoré (IRHS-Mitostress) pour son exposé intitulé « Role of energy metabolism in acquired thermotolerance of Arabidopsis seedlings. Cette somme leur permet de couvrir une partie des frais d'inscription à un congrès international de leur choix lors duquel elles présenteront leurs travaux et mentionneront la SFR ou le déplacement dans un laboratoire de leur choix pour réaliser des travaux collaboratifs. Un budget prévisionnel et un bilan-résumé du congrès leur est demandé. Un compte-rendu de cette journée est rédigé sous forme d'une plaquette par les étudiants organisateurs (Annexe 4).



Rubriques libres



Programme RFI Objectif Végétal

Recherche

19 propositions ont été déposées dans le cadre de l'appel à projets interne « défis scientifiques » 2017, dont 9 thèses environnées, 3 post-doc environnés et 7 projets starters (fonctionnement seul). 15 projets ont fait l'objet d'une évaluation par un panel de 25 experts externes dont 10 étrangers.

Tous financements confondus, ont été sélectionnés 8 thèses (+ 1 thèse INRA/ ANSES), 1 post-doc (cofinancé avec l'UBL) et 5 starters pour un montant total de financement de 1167,2 k€.

Liste des projets défis scientifiques sélectionnés :

Thèses			
Acronyme	Unité porteuse	Coordinateur	Titre du projet
BRUTAL	IRHS- Emersys	Nicolas CHEN	Bean Resistance Using TAL effectors
FALDIM	SONAS	Andreas SCHINKOVITZ	Formation of Apple-Phytoalexins and their detection by Laser Desorption Ionization and related Methods
GESIIQUA	IRHS-QuaRVeg	Emmanuel GEOFFRIAU / Didier PELTIER	Genotype-EnvironmentS Interaction for Improving QUAlity and stability of carrot crop
MECHA- RESIST	SiFCIR	Valérie RAYMOND	Identification of cellular and molecular resistance mechanisms to develop innovative strategies in pest insect control
ROSAROS	IRHS-ARCH'E	Alain VIAN	Implication of reactive oxygen species in the control of branching in plants
ROZRESIST	IRHS -GDO	Vanessa SOUFFLET- FRESLON	Genetics and genomics of rose resistance to black spot disease
SEEQUATOM	IRHS-Conserto	Olivier LEPRINCE	A systems biology approach to unravel the acquisition of seed quality during fruit ripening in tomato
TRIANGLE	IRHS - ResPom	Charles-Eric DUREL Marie-Noëlle BRISSET	Triangular relationships between constitutive defenses, partial genetic resistance and efficiency of plant defense stimulators in apple
Divin-Xf	IRHS-Emersys		Emergence de Xylella fastidiosa en France : diversité des souches et routes d'invasion.
Post-doc			
PREDIPA TH	IRHS-Emersys	Marion FISCHER- LE SAUX	Design of marker sets and online tools to predict plant pathogenicity of bacteria
Starters			
DIVIS	IRHS-Bioinfo	Julie BOURBEILLON	Biological Data Integration and Visualisation
EPICLONES	IRHS-ARCH'E	Nathalie LEDUC	Environmental epigenetic variants as clonal material in horticulture
IONIS	IRHS-SMS	Françoise MONTRICHARD	Impact Of exogenous Nitrogen on early Seedling establishment of legumes



Depuis la mise en place du RFI, 40 projets «défis scientifiques» ont été engagés correspondant à 3,5 M€ de financements mobilisés.

Un projet a été retenu pour financement dans le cadre de l'appel à projets interdisciplinaire : le projet EPIC «Epigenetic therapy for shaping fungal pathogen behavior» porté par Thomas Guillemette de l'équipe Fungisem de l'IRHS en partenariat avec le laboratoire MMS de l'Université de Nantes, l'unité SONAS et l'équipe Epicenter de l'IRHS.

L'objectif du projet EPIC est de développer une stratégie basée sur l'application de molécules visant à modifier des régulations de type épigénétique chez des souches de *Trichoderma* afin de favoriser la transcription de voies biosynthétiques impliquées dans la formation de métabolites secondaires et d'améliorer le potentiel antagoniste de ces souches fongiques. Cette stratégie devrait conduire à améliorer l'activité antagoniste des agents de biocontrôle sans modifier leur séquence d'ADN.



Programme RFI Objectif Végétal

Formation

Un projet Ecole Universitaire de Recherche co-porté par l'Université d'Angers et l'INRA, en partenariat avec AGROCAMPUS OUEST, l'Université de Nantes et l'ESA a été déposé dans le cadre du PIA3 mais non retenu.

La Summer School Plant Science 2017 s'est déroulée du 26 juin au 13 juillet 2017 avec 10 étudiants chinois de niveau Master, puisqu'elle a été organisée dans le cadre des « Ecoles d'été France excellence 2017 » de l'Ambassade de France en Chine. La coordination scientifique est assurée par Marion Fischer-Le Saux (INRA) et Pascal Poupard (UA).

Innovation – Promotion de l'offre des unités de recherche auprès des entreprises

3 nouveaux numéros de «La boîte à innovations d'Objectif Végétal » à destination des professionnels ont été élaborés : à retrouver sur le site www.objectifvegetal.univ-angers.fr :

- Envie d'améliorer votre production de plantes ornementales ?
- Stratégies de biocontrôle, quoi de neuf dans la recherche en Pays de la Loire?
- Atteindre la triple performance par l'éco-quali-conception© Cas de la filière Vin

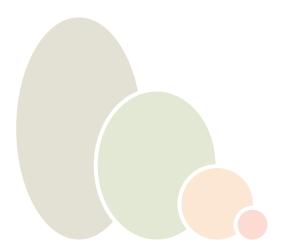
18 fiches présentant les compétences et expertises des unités ou équipes de recherche de la SFR QuaSaV ont été mises en ligne sur www.pluginlabs-ouest.fr.

Stratégie internationale

Une délégation de 3 personnes de Université d'Etat de Sao Paulo (UNESP) (Brésil) a été reçue à Angers début juillet 2017.

6 projets ont été déposés et 4 projets ont été sélectionnés dans la cadre de l'appel à Projets «Post-doctorants Internationaux».

Post-doctorai	Post-doctorants internationaux			
Acronyme	Unité -équipe porteuse / partenaire	Coordinateur/ Post-doc	Titre du projet	
	SONAS/CMBI Innsbruck (Autriche)	Jean-Jacques HELESBEUX / Pascal RICHOMME/	Active Dihydrochalcones from APple Trees: towards added value to local apple production	
GERMRESIST	IRHS-Fungisem / CIB (Colombie)	Philippe GRAPPIN / Nubia Velasquez (Colombie)	Functional genetic approach in Arabidopsis to describe adaptive mechanisms controlling both seed germination and resistance to the seed-born necrotrophic fungal <i>Alternaria brassicicola</i>	
2.0	GRAPPE / Université de Turin (Italie)	Chantal MAURY / Mario Gabrielli (Italie)	Use of innovative green technologies for the preservation of winegrape quality during the ripening process	
	IRHS-Conserto / UNESP (Brésil)	Julia BUITINK / Dang Thi Thu (Vietnam)	REgulation of PROGERIA1 (PRO1) genes and their targets in seed longevity in legume seeds	



IRHS Institut de Recherche en Horticulture et Semences

2017 a été une année importante pour le développement du Phénotypage Végétal sur le site angevin, déjà initié dans le précédent CPER avec le projet Phénotic.

Cela s'est concrétisé avec le lancement du projet Connect-talent PACINP porté par D. Rousseau financé par les collectivités territoriales. En corollaire cela à conduit à une réorganisation au sein de l'IRHS par la création de l'équipe transdisciplinaire et bi-unités ImHorPhen (Imaging Horticulture and Phenotyping) qui est portée à la fois par l'IRHS et le LARIS de l'Université d'Angers et qui réunit les forces de biologistes, physiciens, statisticiens et informaticiens. Cette équipe, animée par D. Rousseau, héberge la plateforme de phénotypage PHENOTIC, dirigée par T. Bourreau, dont une partie reste toutefois hébergée au GEVES (semences). A noter que la nouvelle mouture de Phénotic intègre la partie expérimentation végétale (ex équipe INEM).

Pendant cette période la plateforme Phenotic a entamé le processus d'intégration dans l'infrastructure de recherche EMPHASIS (réseau national des plate-formes de phénotypage et dans la foulée est devenue partenaire du projet européen « European Plant Phenotyping Network » 2020.

projet européen **EpiDiverse** (épigénétique, équipe EpiCenter), le projet « jeune Institut de Recherche chercheur ANR SEEDS Horticulture et Semences (métacommunautés microbiennes, M. Barret, équipe EmerSys) et le projet d'UMT STRATEGE (adaptation des espèces horticoles aux marchés. équipe Arch'E et ASTREDHOR) ont également été obtenus en 2017 en sus de plusieurs projets financés dans le cadre du RFI Objectif Végétal. Enfin l'inauguration du LabCom ESTIM (biocontrole, équipes Fungi-Sem, ResPom, Arch'E.. et ASTREDHOR) a eu lieu au printemps 2017.

L'IRHS a également organisé le colloque ISHS Rose.





IRHS

Institut de Recherche en Horticulture et Semences

Nouvelles thèses commencées en 2017

Porcher Alexis - Implication du métabolisme oxydatif dans le contrôle de la ramification du rosier, Directeur de thèse : Alain Vian

Rouinsard Alexandre - Feuillages panachés : étude du déterminisme des phénotypes et de leur stabilité lors de la multiplication végétative, CIFRE André Briand Jeunes Plants, Directrice de thèse : Anne Grappin

Zhou Ningning - Study of the prickle density in rose (Etude de la densité des épines du rosier), China Scholarship-council, Directeur de thèse : Fabrice Foucher

Lopez Diana - Identification de sources de résistance à la maladie des taches noires du rosier, Directeur de thèse : Fabrice Foucher

Wang Wugian - Etudes génétiques et épigénétiques de la couleur de l'épiderme des pommes et des poires, China Scholarship-council, Directeur de thèse: Gerhard Buck-Sorlin

Benejam Juliette - Relations triangulaires entre défenses constitutives, résitance génétique partielle et efficacité des stimulateurs des plantes chez le pommier, Directeur de thèse : Charles-Éric Durel

Chevalier Wielfried – Genotype-EnvironmentS Interaction for Improving QUAlity and stability of carrot crop, Directeur de thèse: Emmanuel Geoffriau

Dupas Enora - Emergence de Xylella fastidiosa en France, diversité des souches et routes d'invasion, Encadrants de thèse : Marie-Agnès Jacques et Charles Manceau

Foucher Justine - Apport de l'étude des effecteurs TAL dans la lutte contre la graisse commune du haricot, Directrice de thèse : Marie-Agnès Jacques

Bizouerne Elise - Approche de biologie de systèmes pour élucider les mécanismes régulateurs de la qualité germinative pendant la maturation du fruit chez la tomate, Directeur de thèse : Olivier Leprince

Sameie Aude - 3D imaging, computer vision and machine learning for the characterization of ornemental plants, Directeur de thèse: David Rousseau

Rochefort Aude – RHIZOSEED, Directeur de thèse : Alain Sarniguet

Bianchetti Grégoire - Impact of biotic and abiotic stresses on the acquisition of nutritional and physiological Seed QUALity of oilseed rape, Encadrants de thèse: Nathalie Nesi et Julia Buitink

Nouveaux post-docs commencés en 2017

Lakhwani Deepika - Evolution of rose genome, structure and variance, resistance genes

Lira Felipe - PREDIPATH: Predicting potential plant pathogenic bacteria

Kwasiborski Anthony - EPIC: Epigenetic therapy for shaping fungal pathogenic behavior

Dang Thi Thu - Regulation of PROGERIA1 (PRO1) genes and their targets in seed longevity in legume seeds

Rasti Pejman - Computer Science : nouvelles méthodes de segmentation des données d'imageries de phénotypage de semences

Payen Thibaut - Analyse du secretome dans l'interaction hôte-pathogène





IGEPP – équipe EGI

Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes

IGEPP

L'équipe EGI de l'IGEPP et l'Institut de Sciences Biologiques de l'Université de Talca au Chili développent depuis plus de 20 ans une collaboration intense, avec des projets de recherche communs, des co-encadrements de doctorants en cotutelle, des échanges de post doctorants et d'étudiants en stage, des séjours de chercheurs et de nombreuses publications communes. Cette collaboration est principalement centrée sur l'étude de la régulation des pucerons dans les parcelles agricoles. Les pucerons européens ainsi que leurs ennemis naturels ayant été importés au Chili récemment, à partir de populations souvent réduites, ces espèces ont développé des adaptations particulières à leur nouvel environnement et contraintes par la diversité génétique d'origine. La comparaison des interactions pucerons-ennemis naturels dans les deux contextes permet de mieux comprendre les adaptations et la plasticité de ces interactions.

Cette collaboration implique notamment des transferts de méthodologies dans les deux sens, permettant d'enrichir les projets de chaque partenaire et de comparer des résultats obtenus.



participants au Workshop, à Talca le 5 juillet 2017

En Juillet 2017, un Workshop à destination des étudiants et chercheurs chiliens a été organisé conjointement à Talca grâce à un financement Européen UNIVERSITÉ D Erasmus+. Il a permis de partager les techniques innovantes mises au point dans chacune des équipes pour suivre les déplacements et l'utilisation des ressources (nectar et proies) par les ennemis naturels dans l'environnement. Parmi ces techniques figurent le marquage moléculaire ou isotopique des insectes et de leurs ressources, ou encore l'identification moléculaire des proies dans le tube digestif des prédateurs.

26 étudiants, doctorants ou chercheurs ont participé à cet évènement combinant conférences et ateliers pratiques. A la suite de ce workshop, une post doctorante chilienne est venue 2 mois fin 2017 à Angers travailler avec un doctorant de l'équipe EGI

à la mise au point d'une nouvelle méthode d'analyse HPLC de la consommation de nectar par les parasitoïdes, en collaboration avec l'équipe SMS de l'IRHS. Une doctorante en cotutelle France-Chili a été recrutée en 2018 et va utiliser cette technique pour étudier l'impact de l'arrangement spatial des cultures associées sur l'alimentation des parasitoïdes.

Nouveaux post-docs commencés en 2017

Pollier Anna - Relation entre végétation des habitats semi naturels, pratiques agricoles et contrôle biologique des ravageurs de culture, Référent scientifique: Yann Tricault Albert Laurence - Régulation biologique des ravageurs au sein des associations culturales céréales-protéagineux, Référent scientifique : Bruno Jaloux



GRAPPE Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés

Avec son activation le 1 janvier 2016, l'unité sous contrat GRAPPE a pris son rythme de croisière et à pleinement trouver sa place dans le département SAD de l'INRA et dans les activités du centre pays de la Loire.

Cette intégration dans le département nous a permis de découvrir les différentes composantes du SAD et nous a permis de mettre en pratique les axes de recherches (figures ci-dessous) qui avaient définis dans notre dernière évaluation HCERES.

Dans le concret, les projets de recherches commencées en 2017 sont en liaison avec les changements de pratique dans une démarche d'EcoQualiConception (Projets ACVBIO, Eco3Vic et OLCA-Pest), avec la mise en œuvre de processus d'innovation impliquant l'environnement et le consommateur (projet SPI-LIFE), la mise en œuvre et l'évaluation de traitement innovant (eau électrolysée) de la vigne et en post récolte couplet à des analyses non-destructive (Projet O3GRAPE2.0, RFI Objectif Végétal) avec l'Université de Turin, mais aussi des projets portant sur les pratiques de conservation et culinaire à la maison (Projet H2020 SafeConsum). Pour terminer nous avons initié une thèse (projet SensTax) sur la perception du profil aromatique avec nos collègues de l'USC StatSC et une thèse en co-tutelle avec l'Université de Lomé (Togo), sur la transformation des tomates au Togo.

L'année 2017 a été aussi l'occasion de terminer des projets de recherches important comme le projet FP7-OPTIFEL sur l'alimentation des seniors, le projet CICHROM sur la perception de la couleur des cidres, le projet VSS sur les vins sans sulfite ou le projet ACCENVIC.

Cette année a été aussi l'occasion de participer au projet régional de plateforme S3 « Traceability and Big data ». Nous avons aussi poursuivi nos activités dans le cadre de la plateforme VegeConso et avec le soutien de la SFR QuaSaV . Nous avons aussi présenté une demande de remplacement de notre analyseur séquentiel à la région, dans le cadre de l'appel d'offre petit équipement, demande qui a été accepté fin 2017.

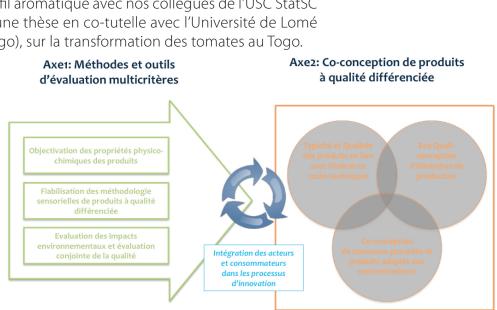


Figure 1 : Axes de recherche de l'USC 1422 GRAPPE ESA-INRA



GRAPPE

Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés

Nouvelles thèses commencées en 2017

Thomas Chloé - Conception de produits alimentaires à base de spiruline fraiche à longue conservation, Directeur de Thèse : Pierre Picouet (USC GRAPPE), Co-encadrants : Isabelle Maitre (USC GRAPPE) et Ronan Symoneaux (USC GRAPPE)

Gocka Liebe - Technologie de conservation et propriétés nutritionnelles des Purées de Tomates produites à Partir de trois variétés de Solanum Lycopersicum cultivées au Togo, Co-directeurs : Yaovi Ameyapoh (LAMICODA, ESTBA, Université de Lomé, Togo) et Pierre picouet (USC GRAPPE, France), Encadrante : M. Dufrechou (USC GRAPPE, France)

Leriche Coline - Identités Sensorielles des vins rouges des AOC Languedoc, Directeur : Jean-Michel Salmon (UE Pech Rouge INRA), Co-encadrante : Cécile Coulon-Leroy (USC GRAPPE)

Konig Lea - Sensory profiling of aromatic products providing a user-friendly taxonomy coupled with odorant proximities, Directeur de Thèse : Evelyne Vigneau (USC StatSC), Co-encadrants : Cécile Coulon-Leroy (USC GRAPPE) et Ronan Symoneaux (USC GRAPPE)

Nouveau post-doc commencé en 2017

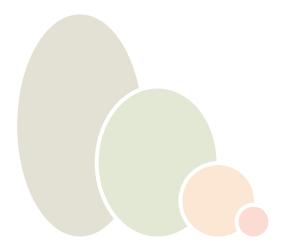
Gabrielli Mario - Use of innovative green technologies for the preservation of winegrape quality during ripening process. Référent scientifique : C. Maury (ESA) et L. Rolle (Université de Turin)



LBPV Laboratoire de Biologie et Pathologie Végétales

Dans le cadre de son nouveau contrat quinquennal (2017-2022), le Laboratoire de Biologie & Pathologie Végétales (EA 1157, Université de Nantes (UN)) initie un nouvel projet de recherche visant à préciser la place du microbiome (sol, graines, endophytes de l'hôte) dans l'établissement et le dysfonctionnement des interactions plantes – plantes parasites, avec comme interactions modèles Arabidopsis thaliana et colza – Orobanche rameuse. Le projet starter MordOr, financé par le RFI Objectif végétal (AAP Défis scientifiques 2017) a permis à Lucie Poulin (MC, UN) d'initier ce projet par des analyses de la diversité du microbionte des graines de l'orobanche rameuse en fonction du type génétique (metabarcoding), et de l'effet de l'hôte (exsudats racinaires) sur ces communautés microbiennes.

Deux thèses portant sur le déterminisme moléculaire d'étapes clés du parasitisme de l'orobanche (germination et formation du suçoir) ont été soutenues fin 2017. la première par Guillaume Brun «Mécanismes moléculaires impliqués dans la germination des plantes en réponse aux strogolactones», et la seconde par Vincent Goyet «Analyse transcriptomique globale et génétique fonctionnelle chez la plante parasite Phelipanche ramosa ».



LEVALaboratoire de Biologie et Pathologie Végétales

Au 1^{er} janvier 2017, le LEVA est devenue Unité Sous Contrat du Département Environnement-Agronomie de l'INRA.

L'équipe a intégré Mathieu Lorin en tant qu'enseignant-chercheur en contrat à durée déterminée, un spécialiste de l'insertion des mélanges de service à base de légumineuses dans les cultures de colza, pour réduire les apports d'engrais azotés et d'herbicides.

Deux thèses ayant trait au contrôle des adventices par l'association de cultures ont été soutenues : celles d'Elana Dayoub et de Nicolas Carton. Deux nouveaux doctorants ont commencé leurs thèses, Céline Lefort, financée par Bejo Productions et Timothée Chérière, financé par le projet H2020 DiverIMPACTS et la Région Pays de la Loire.

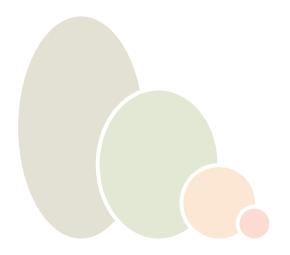
2017 est aussi l'année de démarrage des deux projets H2020 DIVERSify et DiverIMPACTS et du projet ERASMUS+ SEGAE, dont l'unité est partenaire



Nouvelles thèses commencées en 2017

Cheriere Timothée - Conception et évaluation d'associations de cultures innovantes et raisonnement de leur insertion dans des systèmes de culture diversifiés, Directrice de thèse : Guénaelle Corre-Hellou, co-encadrement Mathieu Lorin

Lefort Céline - Facteurs déterminants de la qualité germinative des semences de fenouil, Directrice de thèse : Joëlle Fustec, co-encadrement Marie-Paule Raveneau



SIFCIR

Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques & Récepteurs

Le laboratoire RCIM est devenu au 1er janvier 2017 le laboratoire SiFCIR (Signalisation Fonctionnelle des Canaux Ioniques et Récepteurs). Les recherches développées au laboratoire contribuent au développement de stratégies innovantes dans la lutte contre les insectes nuisibles.

Dans ce contexte, au cours de l'année 2017, les projets UVIASE financé par le département SPE de l'INRA et VIRASI financé par l'ANSES se sont poursuivis.

Nous avons également obtenu le financement de deux programmes (DELTASYN et ASYNEO) soute-

nus respectivement par le ministère de l'écologie (MEDDE), actuellement Ministère de la transition écologique et solidaire et la SATT Quest Valorisation.

Le projet MECHARESIST est soutenu par le RFI Objectif Végétal et bénéficie d'un co-financement de thèse de la Région Pays de la Loire et de l'INRA.



Nouvelle thèse commencée en 2017

Bantz Alexandre - Explorer les mécanismes de résistances pour développer des stratégies alternatives de lutte contre les insectes ravageurs de cultures, Di-

rectrice de thèse : Valérie Raymond, Co-encadrante : Delphine Goven

Nouveaux post-docs commencés en 2017

El-Adouzi Marine - Programme Maturation SATT Ouest Valorisation, projet ASYNEO, Référent Scientifique : Bruno Lapied Camon Jérémy - Utilisation d'un virus d'insecte comme agent synergisant d'un insecticide pour augmenter l'efficacité du traitement tout en réduisant les doses dans la lutte contre les ravageurs de culture, Référent Scientifique : Véronique Apaire-Marchais



SONAS

Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux

Création du LabCom Feed in Tech (FiT). Le laboratoire commun FeedInTech associant l'unité de recherche SONAS de la SFR QuaSaV et l'entreprise angevine Nor-Feed a été labellisé par l'ANR en septembre 2017. Au sein de cette nouvelle entité, les deux partenaires participent au développement d'une nutrition animale de précision, basée sur des additifs d'origine végétale (plantes cultivées). FiT est codirigé par David Guilet (Pr Chimie Analytique, SONAS) et Pierre Chicoteau (Dr Vétérinaire et PhD, Nor-Feed).





Dans le domaine de la zootechnie et des «animaux de rente», les mécanismes d'action des additifs alimentaires angers sont encore mal connus, bien que leurs effets bénéfiques puissent être démontrés. Cet aspect fondamental représentera l'un des objets de recherche de FiT, qui étudiera également le profil moléculaire de ces substrats. Le LabCom ambitionne également la mise au point d'un modèle d'évaluation biologique simplifié -basé sur des insectes- qui accompagnerait l'élaboration des futurs produits de la société.



David Guilet (gauche) et Pierre Chicoteau (droite) dans les locaux du SONAS

Nouvelles thèses commencées en 2017

Ceballos Cruz Jimmy - Modificacion de tocotrinoles para la modulacion de su actividad antiinflammatoria"ECOS-Nord 2016-20: Valorisation des ressources végétales naturelles et renouvelables du Yucatan, co-tutelle CICY (Merida, Yucatan)/UA, co-direction/co-encadrement: L. M. Peña Rodriguez/Didier Séraphin, Jean-Jacques Helesbeux

Dinh Chauh Phi - Vers une alternative efficace aux AINS : Conception in silico et hémisynthèse d'analogues de la vitamine E, inhibiteurs doubles des enzymes 5-LO et mPGES-1, impliqués dans la biosynthèse de médiateurs pro-inflammatoires, co-encadrement : Denis Séraphin, Jean-Jacques Helesbeux, Guillaime Viault

Herbert Doctor Luis - Metabolitos bioactivos de Clusia spp." ECOS-Nord 2016-20 : "Valorisation des ressources végétales naturelles et renouvelables du Yucatan", co-tutelle CICY (Merida, Yucatan)/UA, co-direction/co-encadrement: L. M. Peña Rodriguez, Pascal Richomme, Séverine Derbré

Skopikova Michaela - Désorption-ionisation sous laser et méthodes associées pour la caractérisation par spectrométrie masse des phytoalexines du pommier, direction/co-encadrement : Andreas Schinkovitz, Séverine Boisard, Marie-Noelle Brisset



GEVES

Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences

Nouveaux projets de recherche et partenariats scientifiques

Six nouveaux programmes de recherche en partenariat ont été acceptés en 2017

Thème de recherche	Organisme financeur	Titre du programme
Evaluation des	CASDAR Semences	Pathostat-Veg: Intégration des statistiques comme aide à la
Génotypes dans leur		décision pour l'analyse des tests de résistance aux bio-
environnement		agresseurs des espèces potagères
Evaluation des Génotypes dans leur environnement	CASDAR Semences	DONOBT II: Prise en compte des Données des Obtenteurs pour permettre d'accéler l'Inscription et améliorer l'Information destinée aux Utilisateurs
Qualité des semences	CASDAR Semences	Europoro: Poursuivre et élargir les collaborations avec les acteurs européens travaillant sur l'interaction entre le tournesol et Orobanche cumana
Evaluation des Génotypes dans leur environnement	Ecophyto	VarEcophyto: Données VARiétales au service du plan ECOPHYTO
Evaluation des	Union Européenne :	Rustwatch: A European early-warning system for wheat rust
Génotypes dans leur	H2020	diseases
environnement		
Gestion des collections	OCVV	Mise en place d'une base de données avec descriptions et photographies des variétés de melon connues



Résistances variétales aux bioagresseurs, qualité sanitaire des semences

Harmores 3: Harmonization of resistance tests to diseases for DUS testing -3

Ce projet a pour but d'harmoniser avec nos partenaires européens, les tests de résistance à 7 bioagresseurs, afin d'établir les nouveaux protocoles officiels OCVV. Trois workshops ont été organisés en 2017 dont un au GEVES sur l'Oïdium du melon. Ces workshops ont permis de définir en commun des échelles de notations qui seront utilisées pour les essais interlaboratoires.

Dityluz : Acquisition d'outils méthodologiques pour la détection et la quantification du nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci*, sur semences de luzerne (*Medicago sativa L*.). Mise au point d'un test de viabilité et adaptation de l'échantillonnage et de l'échantillon analysé.

Ce projet a permis la définition d'une taille standard d'échantillon à prélever dans les lots de semences de luzerne, et la mise au point de méthodes de screening par PCR des lots après récolte et de différenciation des nématodes morts des vivants. Les modalités d'utilisation de ces résultats lors des futures campagnes de certification sont en cours de discussion.

Evaluation de solutions de biostimulants et biocontrôles

ASEEDS: Solutions alternatives pour protéger et stimuler les semences

Le projet Aseeds a pour objectif de caractériser et d'identifier des solutions innovantes en traitements des semences pour répondre à des problématiques de très fortes importances technico-économiques. Les équipes GEVES ont mis au point des inoculations artificielles des semences et des méthodes analytiques qui permettent d'évaluer l'efficacité et l'innocuité des produits de biostimulants et biocontrôle.



GEVES

Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences

Phénotypage

FSOV Microdochium : Vers une meilleure connaissance de l'occurrence, de l'épidémiologie du pathogène et du comportement des variétés de blé tendre actuelles face à ce pathogène

Ce projet a pour objectif de connaître précisément la présence et l'occurrence des Microdochium en France et de déterminer le comportement de la résistance des variétés actuelles de blé tendre afin de fournir aux acteurs de la sélection variétale les outils nécessaires à la création de variétés résistantes. Une base de données de référence de 7200 grains a été constituée à partir des essais 2016 et 2017, avec un indexage du pathogène associé grâce à des analyses sanitaires réalisées au GEVES. Cette base est en cours d'exploitation pour développer un nouvel algorithme à 3 classes (Fusarium, Microdochium, indemne) afin de pouvoir quantifier spécifiquement Microdochium et Fusarium.

IRIGAM: Identification de Résistances à l'Infection des Grains par Fusarium graminearum et à l'Accumulation des Mycotoxines au sein des variétés de blé françaises grâce à la mise en place de nouvelles technologies de phénotypage.

Ce projet a pour objectif de contribuer à fournir un ensemble de technologies à la filière céréalière pour quantifier la fusariose sur grains ou la teneur en mycotoxines. Des analyses chimiométriques ont été réalisées en 2017 au GEVES afin d'identifier les longueurs d'ondes les plus pertinentes de la fusariose sur les épis de blé tendre. Le taux de surface fusariée obtenu par analyse spectrale s'est avéré très fortement corrélé avec les notations visuelles ou par Image J. Un nouveau projet de recherche sera déposé en 2018 afin de valider ces longueurs d'ondes au champ, à l'aide de caméras multispectrale et hyperspectrale.

PeaMUST : Adaptation Multi-STress et Régulations biologiques pour l'amélioration du rendement et de la stabilité du pois protéagineux

Les méthodes d'imagerie 3D et les traitements d'images développés dans ce projet par le GEVES ont permis de screener en 2017 des collections de féveroles et pois pour la caractérisation des dégâts de bruches.

AKER : Innover pour une filière française durable : Réinvestir la diversité allélique de la betterave par le développement de nouveaux outils -omics et de nouvelles stratégies de sélection

L'objectif du projet est de réduire le temps de création variétale par l'étude et l'évaluation de la diversité génétique grâce aux technologies de génotypage et phénotypage à haut débit. Les progrès réalisés en 2017 par le GEVES concernant le phénotypage des semences à l'aide de la tomographie permettent de réduire le temps de traitement de l'image et donc d'améliorer le débit d'analyse. Une nouvelle mesure, l'estimation du diamètre de la sphère minimale englobante, a été ajoutée à la liste des mesures extraites des images de tomographie. Les travaux de recherche menée au GEVES en 2017 sur le phénotypage de la germination des semences de betterave ont permis de définir la durée et le nombre de semences optimales à analyser pour des mesures à haut-débit. Le protocole de phénotypage mis au point sera utilisé au cours des deux prochaines années pour phénotyper 3000 génotypes de betterave.

REGATE: Diversité génétique des populations et variétés à gazon de ray-grass anglais et fétuque élevée pour leur Réponse Germinative à la Température: Implications pour la gestion et la valorisation des ressources génétiques, la création variétale et la compétitivité sur le marché.

L'acquisition des données nécessaires aux courbes de germination a été automatisée sur ces espèces de graminées avec un débit de 1600 semences par banc. Une méthode de détérioration contrôlée des graminées a également été mise au point par le GEVES dans ce projet. Elle permet de disposer de lots d'un même génotype vieillis de façon modérée pour quantifier la réponse germinative à la température selon la population étudiée.



Glossaire

BIA: Biopolymères, Interactions, Assemblages

Unité de recherche INRA

EPHOR: Environnement Physique de la Plante Horticole

Unité de recherche AGROCAMPUS OUEST

GEVES : Groupe d'Etude et de Contrôle de Variétés Et des Semences

GRAPPE: Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés

Unité Sous Contrat INRA - ESA

HORTI: Unité Horticole

Unité Expérimentale INRA

IGEPP: Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes

Unité mixte de recherche INRA - AGROCAMPUS OUEST - Université Rennes I

EGI : Ecologie et génétique des Insectes (équipe IGEPP)

IRHS: Institut de Recherche en Horticulture et Semences

Unité mixte de recherche INRA - AGROCAMPUS OUEST - Université d'Angers

Arch-E: Biologie Intégrative de l'Architecture et Environnement (équipe IRHS)

BioInfo: Bio-Informatique (équipe IRHS)

ConserTo: Conservation et Tolérance aux stress des semences (équipe IRHS)

EcoFun: Ecologie évolutive chez les champignons (équipe IRHS)

EmerSys -: Emergence, systématique et écologie des bactéries phytopathogènes (équipe IRHS)

EpiCenter : Epigénétique *(équipe IRHS)*

FungiSem: Pathologies Fongiques des Semences (équipe IRHS)

GDO : Déterminisme Génétique et Diversité des plantes Ornementales (équipe IRHS)

Imhorphen: Imagerie pour l'Horticulture et le Phénotypage (équipe IRHS)

QualiPom: Qualité des Pommes (équipe IRHS)

QuaRVeq: Qualité et Résitance aux bioagresseurs des espèces légumières (équipe IRHS)

ResPom: Résistance du Pommier et du poirier aux bioagresseurs (équipe IRHS)

SMS : Seedling, Metabolism and Stress (équipe IRHS)

LBPV : Laboratoire de Biologie et Pathologie Végétale

Unité de recherche Université de Nantes

LEVA: Légumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie

Unité Sous Contrat INRA-ESA

LSV - Laboratoire de la santé des végétaux (ANSES)

BVO: Bactériologie, Virologie, OGM

Unité ANSES

SIFCIR: Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs

Unité Sous Contrat Université d'Angers - INRA

SONAS: Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux

Unité de recherche Université d'Angers



Comité éditorial : Thomas Guillemette, Marie-Agnès Jacques
Maquette : service communication Inra Pays de la Loire

Photos : Inra, Agrocampus Ouest, Université d'Angers, Université de Nantes,
Université de Rennes I, Esa, Geves, Anses, Végépolys, RFI Objectif Végétal ;

Couverture : Nature Genetics

www.sfrquasav-angers.org

SFR QUASAV 42 rue Georges Morel 4907 | Beaucouzé Cedex