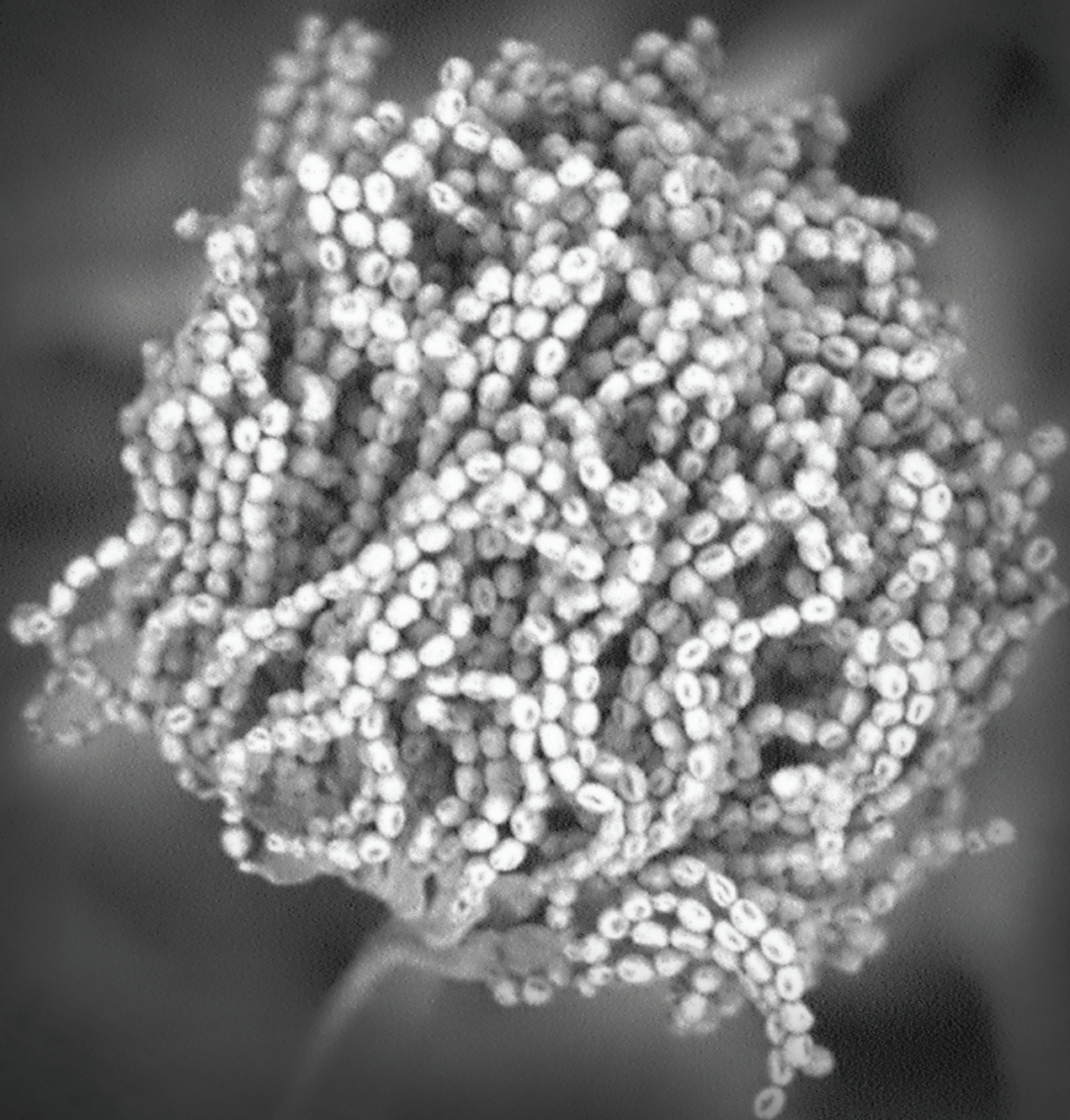


**FAITS MARQUANTS 2018**

**Pôle recherche Végétal  
SFR QUASAV et partenaires**



**Structure Fédérative de Recherche Qualité et Santé du Végétal**







## Edito

Ce document rassemble les Faits Marquants de la SFR Quasav au titre de l'année 2018. Ils sont à lire et à analyser au regard des missions que nous nous sommes fixées en début de ce 3<sup>ème</sup> contrat, missions qui peuvent être synthétisées ainsi :

- Fédération autour d'axes scientifiques d'identification et soutien à ces axes : identification des priorités thématiques communes et soutien privilégiant les créneaux d'originalité et de créativité scientifique, promotion des approches pluridisciplinaires à plusieurs niveaux d'échelle, développement des partenariats scientifiques et des partenariats d'application, organisation de l'animation scientifique autour de ces thématiques.
- Soutien aux infrastructures mutualisées : accompagner le regroupement, la modernisation et la mutualisation des infrastructures communes, permettre le développement raisonné de l'offre en concertation avec les utilisateurs.
- Coordination des stratégies de renouvellement de l'offre de formation à et par la recherche et participation sous différentes formes à l'enseignement supérieur

Cette année 2018 située en première partie de notre actuel contrat quinquennal s'est avérée productive et dynamique pour les unités porteuses de la SFR QuaSaV puisque 90 articles scientifiques ont été publiés dans des revues internationales à comité de lecture, 30 articles l'ont été dans des revues non indexées, 5 brevets et certificats d'obtentions végétales ont été déposés et un total de 42 mémoires a été rédigé (en vue de l'obtention d'Habilitation à Diriger les Recherches, de thèse, de diplômes de Master 1 ou 2). Un total de 12 thèses a été soutenu et 18 étudiants se sont inscrits pour leur 1<sup>ère</sup> année de thèse dans les unités porteuses de la SFR. Douze post-docs ont été engagés et 10 se sont terminés. Seize mobilités entrantes de courte durée (entre 1 semaine et 6 mois) ont été rapportées. Un total de 93 projets de recherche a été déposé en 2018. Parmi les projets acceptés, 4 sont des collaborations avec des entreprises, 10 sont des projets européens dont un est coordonné, 2 sont des projets internationaux, 11 sont des projets nationaux et 21 sont des projets régionaux.

Les doctorants, docteurs et post-doctorants de la SFR QuaSaV se sont organisés en une association dans l'objectif de mieux se faire connaître et reconnaître, promouvoir la formation acquise dans nos unités et leurs compétences, conforter les liens entre eux et se soutenir, ainsi que permettre une meilleure insertion professionnelle et humaine des nouveaux arrivants. Leur site web est une mine d'informations utiles (<https://associationgreenyd.wixsite.com/associationgreenyd-1>).

Ce document des Faits marquants 2018 de la SFR QuaSaV suit le format initié en 2017 et consiste en 1) une sélection des faits marquants faite par les animateurs des axes scientifiques fédérateurs de la SFR, 2) une présentation des faits marquants des Plateaux Techniques Mutualisés et Plateformes de la SFR et se poursuit par 3) les rubriques libres des unités proposées par leurs directeurs. Nous vous en souhaitons une bonne lecture.

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

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>AXES SCIENTIFIQUES FEDERATEURS</b>                                            | <b>4</b>  |
| <b>AXE 1 « Gestion Durable de la Santé des Plantes »</b>                         | <b>5</b>  |
| Faits marquants                                                                  | 5         |
| Actions structurantes et rayonnement scientifique                                | 9         |
| <b>AXE 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences »</b>                         | <b>13</b> |
| Faits marquants                                                                  | 13        |
| Actions structurantes et rayonnement scientifique                                | 16        |
| <b>AXE 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées »</b> | <b>19</b> |
| Faits marquants                                                                  | 19        |
| Actions structurantes et rayonnement scientifique                                | 25        |
| <b>MOYENS TECHNIQUES MUTUALISÉS</b>                                              | <b>31</b> |
| ANAN - ANalyses des Acides Nucléiques                                            | 32        |
| IMAC - Microscopie et Imagerie Cellulaire                                        | 36        |
| COMIC - Collections de micro-organismes                                          | 42        |
| PHYTO - Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires                       | 44        |
| PHENOTIC - Phénotypage des Semences et des Plantes                               | 46        |
| SENSOVEG - Analyse Sensorielle                                                   | 50        |
| <b>RUBRIQUES LIBRES</b>                                                          | <b>53</b> |
| RFI Objectif Végétal                                                             | 54        |
| IRHS - Institut de Recherche en Horticulture et Semences                         | 56        |
| EPHOR - Environnement Physique de la plante HORTICOLE                            | 58        |
| GRAPPE - Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés | 60        |
| LEVA - Légumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie                       | 62        |
| LSV-BVO - Bactériologie, Virologie et OGM                                        | 64        |
| SIFCIR - Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs               | 65        |
| SONAS - Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux                  | 66        |
| GEVES - Groupe d'Etude et de Contrôle de Variétés Et des Semences                | 68        |
| VEGEPOLYS                                                                        | 71        |



## AXES SCIENTIFIQUES FEDERATEURS

L'orientation scientifique générale de la SFR est centrée sur la santé des plantes et la qualité des produits qui en sont issus et se décline en 3 axes scientifiques 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, sur les moyens d'expérimentation de l'Unité Horticole et 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 (équipes SMS, QUARVEG, CONCERTO, EMERSYS, FUNGISEM), du LBPV et du LEVA. L'expertise de l'unité BVO du LSV-ANSES vient en appui aux travaux conduits dans cet axe.

### **Axe 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées »**

Les travaux conduits 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, du GRAPPE et 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 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 / chénotypage et traitement des données haut-débit.

### Mécanismes moléculaires impliqués dans l'émergence de nouvelles phyto bactérioses

De nouvelles souches bactériennes pathogènes sur plantes apparaissent régulièrement et peuvent être responsables de dégâts importants sur les cultures. La compréhension des mécanismes moléculaires sous-jacents à de telles émergences devrait permettre l'élaboration de pratiques agronomiques plus durables.

L'objectif du travail de Meline et al. (2018) est de tester l'hypothèse que l'acquisition par transfert horizontal de gènes de virulence par des souches environnementales non-pathogènes pourrait expliquer l'apparition de nouvelles souches pathogènes.

Le système de sécrétion de type 3 permet l'injection de protéines (effecteurs) dans la cellule végétale, ce qui permet à la bactérie de perturber le métabolisme de la plante et provoquer une maladie. Des gènes codant un système de sécrétion de type 3 et 4 effecteurs ont été introduits dans des souches non-pathogènes de *Xanthomonas*. Nous montrons que l'acquisition de ces gènes de virulence par les souches non-pathogènes testées leur permet de bloquer la mise en place de certaines défenses de la plante, mais ne leur permet ni de mieux se multiplier, ni de provoquer des symptômes sur plantes. Au cours de ce travail, la collaboration entre les équipes EmerSys, ImHorPhen et la plateforme PHENOTIC a

permis la mise au point de nouvelles approches d'analyse d'images de fluorescence de chlorophylle, afin d'améliorer le phénotypage de l'impact des bactéries testées sur les tissus végétaux. Les résultats obtenus apportent des arguments expérimentaux aux modèles d'évolution des souches du genre *Xanthomonas* qui ont été proposés récemment sur la base d'approches de génomique des populations. Dans la perspective de travaux ultérieurs, il serait intéressant d'introduire d'autres gènes d'effecteurs afin de reconstituer des répertoires complets d'effecteurs. Nous pourrions ainsi tester l'impact de la composition du répertoire d'effecteurs sur la spécificité d'hôte ou l'émergence de nouvelles phyto bactérioses.

#### Contact :

Tristan Boureau : [tristan.boureau@univ-angers.fr](mailto:tristan.boureau@univ-angers.fr)

### PUBLICATION

Méline V. et al. (2018). Role of the acquisition of a Type 3 Secretion System in the emergence of novel pathogenic strains of *Xanthomonas*. *Molecular Plant Pathology*.  
<http://doi.org/10.1111/mpp.12737>

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

EmerSys, PHENOTIC, ImHorPhen

### Contrôle génétique de la tavelure : éphémère ou durable ?

Les variétés résistantes aux bio-agresseurs constituent l'un des éléments clés des systèmes de culture à bas-intrants. Cependant, les bio-agresseurs peuvent évoluer et contourner ces résistances. Combiner («pyramider») des facteurs de résistance dans une même plante pourrait être une solution pour prolonger l'efficacité des résistances dans le temps.

Nous avons testé l'intérêt du pyramidage de résistances quantitative et qualitative pour contrôler la tavelure du pommier, maladie causée par le champignon *Venturia inaequalis*. La résistance quantitative apporte une réduction partielle de la quantité de maladie et présente un mode d'hérédité de type continu, tandis que la résistance qualitative apporte une réduction totale de la maladie et présente un mode d'hérédité de type bimodal. L'expérimentation a été conduite sur une durée de sept ans dans deux vergers sur des pommiers portant chaque type de résistance seule ou les deux types de résistance en combinaison.

Sur l'un des vergers, l'efficacité du pyramidage est éphémère et s'estompe dans les deux ans suivant le début de l'érosion des résistances seules alors que dans le 2<sup>ème</sup>, le pyramidage réduit significativement la maladie malgré la perte d'efficacité totale des résis-

tances seules. Les résultats contrastés d'efficacité du pyramidage entre les deux vergers s'expliquent probablement par des différences de capacité des populations pathogènes à cumuler, selon les vergers, des facteurs d'agressivité nécessaires à l'infection sur les pommiers combinant les deux types de résistance. Le cumul des facteurs d'agressivité est possible lorsque les populations pathogènes peuvent se recombiner par reproduction sexuée.

Même en cas d'efficacité éphémère, les résultats obtenus dans cet article sont prometteurs car ils apportent un moyen de lutte alternatif supplémentaire à intégrer dans les systèmes de culture à bas-intrants (prophylaxie, spatialisation des variétés...).

#### Contact:

Valérie Caffier : [valerie.caffier@inra.fr](mailto:valerie.caffier@inra.fr)



### PUBLICATION

Lassere-Zuber, P., Caffier, V., Stievenard, R., Lemarquand, A., Le Cam, B., & Durel, C. E. 2018. Pyramiding Quantitative Resistance with a Major Resistance Gene in Apple: from Ephemeral to Enduring Effectiveness in Controlling Apple Scab. Plant Disease. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-11-17-1759-RE>

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Ces résultats ont été obtenus dans le cadre d'une collaboration entre des équipes de recherche de l'unité IRHS (équipes EcoFun et ResPom), l'unité expérimentale Horticole à Angers et le Centre Régional de Ressources Génétiques de Villeneuve d'Ascq (CRRG).

### Evaluation de la performance de tests de détection et d'identification de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) agent causal du chancre bactérien du Kiwi

L'unité BVO du Laboratoire de la santé des végétaux –Anses a organisé et mis en œuvre une évaluation des méthodes de détection et d'identification de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) agent causal du chancre bactérien du kiwi par essai interlaboratoires au niveau européen.

L'objectif était d'évaluer à l'aide d'échantillons artificiellement contaminés et de souches bactériennes provenant en grande partie de CIRCM-CFBP, l'ensemble des méthodes disponibles de la littérature scientifique dans le cadre européen selon les normes d'évaluation établies par l'organisation européenne et méditerranéenne de protection des plantes (OEPP) afin de proposer un protocole de diagnostic et fournir des données de validation.

La PCR en temps réel (Gallelli et al., 2014) constitue une méthode alternative offrant les avantages de haute sensibilité, spécificité et rapidité. Cette méthode est spécifique à la détection du *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) biovar 3, connu pour provoquer une maladie grave sur kiwi en raison de son agressivité et de sa propagation rapide (Scortichini et al. 2012; Young 2012). De plus, cette méthode peut être utilisée pour des analyses de routine en tant que test de dépistage afin de déterminer la présence de cette bactérie de quarantaine ou en tant que test d'identification pour confirmer l'identité des colonies suspectées.

Les résultats rapportés dans la publication fournissent de nouvelles données relatives aux performances des méthodes d'analyse utiles pour la révision et la mise en œuvre des protocoles de diagnostic (protocole 7/120 de l'OEPP (Organisation européenne pour la protection des plantes))

intéressantes pour la filière kiwi et les unités de recherche. Enfin, ce document souligne également l'utilité de nouvelles approches statistiques telles que l'approche bayésienne. Complétant l'approche traditionnelle, cette approche fournit une vue d'ensemble des performances des méthodes. Celles-ci sont comparées dans leur intégralité, ce qui augmente la fiabilité des données de validation. Cependant, quel que soit l'approche statistique, plus les données sont disponibles et équilibrées par méthode (grand nombre de participants et si possible le même nombre de participants) et plus l'évaluation de la performance est précise et fiable. Il peut être difficile de combiner ces recommandations avec des contraintes pratiques et des compromis sont souvent mis en œuvre, ce qui peut limiter la généralisation des résultats.

#### Contact:

Françoise Poliakoff : [Francoise.poliakoff@anses.fr](mailto:Francoise.poliakoff@anses.fr)



### PUBLICATION

Loreti, Stefania, Amandine Cuntz, Nicoletta Pucci, Aude Chabirand, Emilio Stefani, Adela Abelleira, Giorgio M. Balestra, Deirdre A. Cornish, Francesca Gaffuri, and Davide Giovanardi. 2018. «Performance of diagnostic tests for the detection and identification of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) from woody samples.» *European Journal of Plant Pathology* 152 (3):657-676. doi: <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1509-5>

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Collaboration internationale impliquant l'ANSES et 6 pays. Souches en partie fournies par le plateau technique COMIC.

### Le goût et l'odeur du pommier stimulé indisposent le puceron cendré *Dysaphis plantaginea*

L'emploi de stimulateurs de défense des plantes (SDP) en verger de pommiers est une stratégie qui commence à être envisageable pour réduire le recours aux pesticides.

Un des objectifs des travaux de thèse de Romain Warneys menés dans l'équipe Respom de l'IRHS (et soutenue en décembre 2018), consistait à comprendre le mode d'action de l'acibenzolar-S-méthyl (ASM), un composé qui a fait ses preuves sur de nombreuses cultures et vis-à-vis de nombreux bioagresseurs, mais pour lequel aucun mécanisme d'action précis n'avait encore été élucidé.

Une analyse du transcriptome du pommier en réponse à l'ASM réalisée sur le plateau ANAN de la SFR, a permis d'identifier deux catégories de gènes fortement exprimés en réponse à l'ASM qui pourraient promouvoir une résistance vis-à-vis d'insectes ravageurs. En premier lieu, cette analyse, a permis d'identifier et de caractériser, grâce à une collaboration avec l'équipe BIDEfl de l'IRHS, une famille de lectines qui serait responsable de l'augmentation de la mortalité du puceron cendré du pommier, *Dysaphis plantaginea*, lorsque celui-ci s'alimente sur des pommiers traités à l'ASM. En complément, l'analyse du transcriptome a révélé que l'ASM active la voie de biosynthèse de certains sesquiterpènes qui ont pu être détectés parmi les composés organiques volatiles émis par des pommiers stimulés : (E)- $\beta$ -caryophyllène ;

(E,E)- $\alpha$ -farnésène et germacrène-D. L'équipe EGI de l'IGEPP a montré que l'(E,E)- $\alpha$ -farnésène est répulsif vis-à-vis de *D. plantaginea*, ce qui expliquerait pourquoi les pucerons infestent préférentiellement des pommiers témoins plutôt que des pommiers traités à l'ASM.

Dans l'ensemble, ce travail a permis de mettre en lumière les mécanismes de la résistance induite par l'ASM, tout en montrant que ce SDP est capable de protéger le pommier contre un ravageur majeur, *D. plantaginea*.

Si ces résultats devaient se confirmer sur le terrain, ils viendraient alimenter le panel des solutions alternatives aux insecticides de la famille des néonicotinoïdes, aujourd'hui interdits, et qui étaient employés pour maîtriser le puceron cendré du pommier.

#### Contact :

Alexandre Degrave : alexandre.degrave@agro-campus-ouest.fr



## PUBLICATION

Publication associée : Warneys, R., Gaucher, M., Robert, P., Aligon, S., Anton, S., Aubourg, S., Barthes, N., Braud, F., Cour-nol, R., Gadenne, C., Heintz, C., Brisset, M.-N., and Degrave, A. 2018. Acibenzolar-S-Methyl Reprograms Apple Transcriptome Toward Resistance to Rosy Apple Aphid. Front. Plant Sci. 9:1–16

## PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

**Partenaires :** Equipes RESPOM, BIDEfl de l'IRHS et équipe EGI de l'IGEPP.

## Articles de synthèse

- Brun, G., Braem, L., Thoiron, S., Gevaert, K., Goormachtig, S. and Delavault, P. 2018. Seed germination in parasitic plants: what insights can we expect from strigolactone research? *Journal of Experimental Botany* 69(9): 2265-2280. Review.
- Alexandre Bantz, Jérémy Camon, Josy-Anne Froger, Delphine Goven & Valérie Raymond (2018). Exposure to sublethal doses of insecticide and their effects on insects at cellular and physiological levels. *Current Opinion in Insect Science*, 30: 73-78
- Caroline Deshayes, Eléonore Moreau, Javier Pitti-Caballero, Josy-Anne Froger, Véronique Apaire-Marchais & Bruno Lapied (2018). Synergistic agent and intracellular calcium, a successful partnership in the optimization of insecticide efficacy. *Current Opinion in Insect Science*, 30: 52-58

## Mobilités internationales

- Estelle Billard (Doctorante) et Grégory Montiel (Enseignant-chercheur, co-encadrant de thèse) ont bénéficié d'un financement Université Bretagne Loire et du CURJ de l'Université de Nantes, respectivement, pour un séjour d'une semaine au laboratoire «Chemical Biology and Genetics» du «Centre of the Region Haná for Biotechnological and Agricultural Research» de l'Université Palacky d'Olomouc (Dr Spichal, République Tchèque). Ce séjour s'est effectué dans le cadre de la collaboration scientifique avec le Dr Spichal sur le sujet de thèse de Mme BILLARD « Cytokinin signaling in rhizosphere plant – plant communication ».
- Christophe Lemaire, équipe EcoFun de l'IRHS, MC Université d'Angers. Séjour de 6 mois à Université de Berkeley dans le laboratoire du Pr. Rasmus Nielsen, Californie (du 8/01/18 au 28/06/18). Ce laboratoire du Département de Biologie intégrative et statistiques s'intéresse aux développements théoriques et expérimentaux en génomique des populations. Le Projet de recherche développé par C. Lemaire a porté sur la détection de traces d'introggression chez les souches de *Venturia inaequalis* échantillonnées en milieu agricole ainsi que sur la détection de signatures d'adaptation en lien avec ces introgressions (financement MIR de l'Université Angers et IRHS-éq.EcoFun).

## Nouveaux projets initiés

- **Projet Défi scientifique IMAGINES** (Towards the production of pea ideotypes more efficient in soil nitrogen absorption for improving weed control in low input innovative intercrops). Collaboration LEVA/IRHS-éq.SMS - Financement RFI Objectif Végétal. Dans un contexte de demande croissante en protéines et de limitation de l'utilisation des pesticides et engrais azotés, les cultures associées sont considérées comme une alternative prometteuse pour effectuer une transition vers des systèmes de production plus durables et plus adaptés aux aléas climatiques et économiques. Ce projet vise à étudier l'impact de l'environnement de la rhizosphère sur l'architecture du système racinaire d'une Fabacée : le pois (*Pisum sativum*) des premiers stades de développement, jusqu'à la mise en place de la fixation symbiotique.
- **Projet MEDIATOR (2018-2019):** Métabolomique ciblée de la rhizosphère d'*Arabidopsis thaliana* en lien avec l'activité sur la germination de l'Orobancherameuse, *Phelipanche ramosa*. Le présent projet starter inter-régional vise à caractériser l'activité d'exsudats racinaires (i.e. impactant la germination des graines ou l'haustoriogenèse de la plante parasite) de la plante modèle *Arabidopsis thaliana* via une approche bioguidée ciblée et l'utilisation de mutants. Ce projet permettra de valider ou non des candidats (glucosinolates, isothiocyanates, cytokinines) pour contrôler l'interaction orobanche-*Brassicacées* et de consolider une collaboration entre le LBPV et l'UMR IGEPP.
- **Utilisation de sensitines** pour améliorer l'efficacité des stimulateurs de défenses des plantes (IRHS, éq.FungiSem et ResPom, SONAS). Les stimulateurs de défense des plantes (SDP) sont utilisés depuis plusieurs années en agriculture dans le cadre d'une gestion raisonnée des intrants. Il s'agit de composés qui ne sont pas directement toxiques vis à vis des agents pathogènes et qui stimulent significativement chez la plante la production de composés naturels de défense, notamment les phytoalexines. Les champignons phytopathogènes peuvent cependant échapper aux effets délétères des phytoalexines par le biais de mécanismes de protection. Au champ, le contrôle des maladies fongiques par les SDP reste partiel. L'objectif de ce projet est démontrer que l'application combinée de SDP (qui induisent la synthèse de phytoalexines) et de sensitines (qui augmentent la sensibilité fongique aux phytoalexines) conduit à un contrôle plus efficace de la tavelure sur pommier ainsi que de la pourriture grise sur tomate.
- **STIMULRAV :** Impact des stimulateurs de défense des plantes ou SDP sur un ravageur du pommier, le puceron cendré et sur ses ennemis naturels (Collaboration IRHS-éq.Respom/IGEPP-éq.EGI - Financement EcoPhyto Alternatives aux néonicotinoïdes 2018-2019. Ce projet vise à établir, à l'aide de techniques d'olfactométrie qui permettent d'analyser le comportement de réponse d'insectes soumis à des odeurs, s'il existe (i) un lien entre l'émission de composés organiques volatiles (COV) par les pommiers traités avec des stimulateurs de défense (SDP) et le comportement de choix de la plante par le puceron *Dysaphis plantaginea*, et si (ii) si ces COV affectent également le comportement des parasitoïdes de ce ravageur, autre stratégie de biocontrôle qui pourrait avantageusement compléter une stratégie SDP.

## Animation scientifique

La journée d'animation scientifique de l'axe 1 s'est tenue le Jeudi 29 novembre 2018 sur le thème « Considérer les diversités inter- et intra-spécifiques en santé des plantes ». La matinée a été consacrée aux interventions des invités. Quant à l'après-midi, 5 présentations ont été données par des intervenants locaux. Cette journée a été l'occasion d'un échange intéressant entre les invités et l'auditoire sur les résultats et méthodologies utilisées pour analyser la diversité végétale et microbienne.



objectif  
végétal  
Recherche, Formation & Innovation  
en PAYS de la LOIRE

### « Considérer les diversités inter- et intra-spécifiques en santé des plantes »

Journée d'animation scientifique de l'axe 1 Gestion Durable de la santé des plantes de la SFR Quasav

**Jeudi 29 Novembre 2018**

Amphi E JB de la Quintinie, Agrocampus Ouest, 2 rue André Lenotre, Angers

Programme de la journée :

|             |                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9h15        | <b>Accueil</b>                                                                                                                                                                                                   |
| 9h30- 10h30 | <u>Marc-André Selosse</u><br><i>Muséum national d'Histoire naturelle, ISYEB UMR7205, Paris.</i><br><b>La plante un holobionte ? Ces microorganismes qui font la plante.</b>                                      |
| 10h30-11h00 | Pause café                                                                                                                                                                                                       |
| 11h00-12h00 | <u>Jean-Benoît Morel</u><br><i>UMR BGPI, Montpellier</i><br><b>Eternal Rice: a case study of sustainable management of plant resistance.</b>                                                                     |
| 12h00-13h45 | Pause déjeuner                                                                                                                                                                                                   |
| 13h45-14h15 | <u>Juliette Bénéjam</u><br><i>Equipe Respom, UMR 1345 IRHS, Angers</i><br><b>La diversité génétique des résistances du pommier interagit-elle avec l'efficacité de stimulateurs de défense des plantes ?</b>     |
| 14h15-14h45 | <u>Martin Luquet</u><br><i>Equipe Ecologie et génétique des insectes, UMR 1349 IGEPP, Rennes-Angers</i><br><b>Effects of field diversification on food uptake and parasitism by <i>Aphidius</i> parasitoids.</b> |
| 14h45-15h15 | <u>Karine Durand</u><br><i>Equipe Emersys, UMR 1345 IRHS, Angers</i><br><b>Divergence et flux de gènes au sein du complexe d'espèces <i>Xanthomonas axonopodis</i>.</b>                                          |
| 15h15-15h45 | Pause café                                                                                                                                                                                                       |
| 15h45-16h15 | <u>Matthieu Barret</u><br><i>Equipe Emersys, UMR 1345 IRHS, Angers</i><br><b>Differences in resources uses lead to coexistence of seed-transmitted microbial populations.</b>                                    |
| 16h15-16h45 | <u>Christophe Lemaire</u><br><i>Equipe Ecofun, UMR 1345 IRHS, Angers</i><br><b>Did domestication of apple tree promote speciation of its fungal pathogen, <i>Venturia inaequalis</i>?</b>                        |

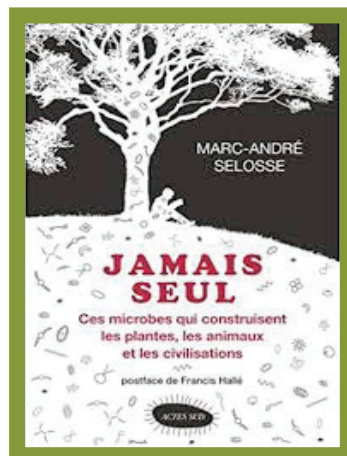
## Résumés des conférences invitées

**Marc-André Selosse** (Muséum national d'Histoire naturelle, ISYEB UMR7205, Paris)

### *La plante, un holobionte ? Ces microorganismes qui font la plante.*

Les microorganismes (bactéries et champignons) font les plantes, de leurs structures à leurs fonctions. Les plantes sont nées microbiennes, car elles sont issues d'endosymbioses qui ont mis en place leurs mitochondries et leurs plastides. De là, plusieurs structures cellulaires sont apparues qui les unifient avec les autres végétaux au travers d'une évolution convergente : paroi, vacuole... Mais les plantes naissent aussi de microorganismes car ceux-ci façonnent leur nutrition : mycorhizes, nodosités et rhizosphères sont vitales à la plante. Ils l'aident à exploiter le sol où les ressources sont diluées, mais ils exercent aussi des effets de protection, directs ou passant par une modification de la plante-hôte. Le champ de recherche émergent des petits peptides microbiens sécrétés qui modifient les cellules de la

plante explique, au-delà de l'addition des propriétés propres des microorganismes, leurs effets sur l'holobionte résultant. Enfin les plantes sont nées de microorganismes car ces dernières années, il est apparu que ceux-ci façonnent le système immunitaire végétal, mais aussi la croissance et le développement, jusqu'à la reproduction, de l'organisme. Faut-il considérer la plante comme un holobionte ? La réponse inattendue à cette question est la fin de cet exposé.



**Jean-Benoît Morel** (UMR BGPI, Montpellier)

### *Eternal Rice : a case study of sustainable management of plant resistance.*

One challenge to reach durability of plant disease resistance is to predict the evolution of a pathogen in spatially and temporarily heterogeneous landscapes. Important insights can be gained by studying existing sustainable systems, like the traditional rice agrosystem of the Yuan Yang Terraces (YYT) in China. In YYT, more than 40 traditional rice varieties have been grown for centuries without noticeable erosion of resistance to the blast fungus *Magnaporthe oryzae*. The main objectives of the "Riz Eternel" project was to test the hypothesis that the interaction between diversity and spatio-temporal arrangement of varieties prevents the development of large epidemics of *M. oryzae*.

In YYT, the sympatric cultivation of japonica and indica rice varieties with different immune systems leads to local adaptation of *M. oryzae* populations. In YYT, rice traditional varieties are freely exchanged within villages, producing spatial and temporal diversity. The neutral genetic diversity as well as functional diver-

sity for resistance to *M. oryzae* is elevated within and among traditional rice varieties. Altogether, this generates a highly heterogeneous landscape for *M. oryzae* in space and time. Socio-economic surveys allowed the building of a model to simulate allocation of varieties. The absence of co-structure between plant and *M. oryzae* genetic diversities suggests that *M. oryzae* is maladapted in YYT, providing a mechanism for explaining sustainability. Finally, preliminary evidences suggest that plant-plant interactions, at the field level, could participate to the building of resistance.



# Qualité physiologique et sanitaire des semences

Animateurs:

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

## Qualité physiologique des graines et qualité nutritionnelle des grains : un compromis à trouver dans la sélection du colza

Le phénotypage des semences et plantules par imagerie, développé au Geves, s'inscrit dans le cadre des activités de la plate-forme de phénotypage PHENOTIC d'Angers. Le phénotypage automatisé de la germination par le laboratoire de germination du Geves dans le cadre de Phenosem, a été réalisé sur une collection de variétés de colza d'hiver et de printemps ainsi que du matériel élite de sélection soit 1126 échantillons analysés sur les bancs multi-caméras. Ceci a représenté la première expérience de phénotypage automatisé haut débit sur semences jamais réalisée jusqu'alors.

Les analyses de génétique d'association menées sur les mêmes génotypes à l'Université de Giessen (Hatzig et al., 2018) ont montré sur un panel de 215 variétés anciennes et récentes de colza d'hiver produites sur deux sites (Rennes en 2011 et Asendorf en 2012)

que le progrès génétique obtenu pour la qualité du grain à fournir une huile sans acide érucique ou des tourteaux sans glucosinolates (variétés 00) se révélait avoir des conséquences sur la germination des variétés modernes, leur germination plus lente pouvant parfois conduire à une implantation plus hétérogène au champ.

### Contact :

Marie-Hélène Wagner :  
marie-helene.wagner@geves.fr



## PLUS-VALUE SFR

Ce résultat positionne la plateforme Phenotic comme un acteur majeur dans le domaine du phénotypage des semences.

## PUBLICATION

Hatzig S, Breuer F, Nesi N, Ducournau S, Wagner M-H, Leckband G, Abbadi A and Snowdon RJ. 2018. Hidden effects of seed quality breeding on germination in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Front. Plant Sci.* 9:419.

### Quand la copie arrive à la mauvaise adresse suite à la duplication de gènes !

Dans le génome des plantes, des dizaines de gènes codent des protéines LEA (Late embryogenesis abundant) qui sont impliquées dans la tolérance au stress, notamment des graines. Chez *Arabidopsis*, nous avons précédemment mis en évidence la distribution subcellulaire des 51 protéines LEA (Plant Cell 2014, 26, 3148–3166). Parmi les quatre membres de la famille LEA\_3, trois protéines sont mitochondriales (LEA37, 38, 41) tandis que la quatrième (LEA2), qui est un paralogue de LEA38, est cytosolique. Nous avons donc cherché à expliquer cette localisation divergente pour ces deux protéines dont les séquences sont très similaires.

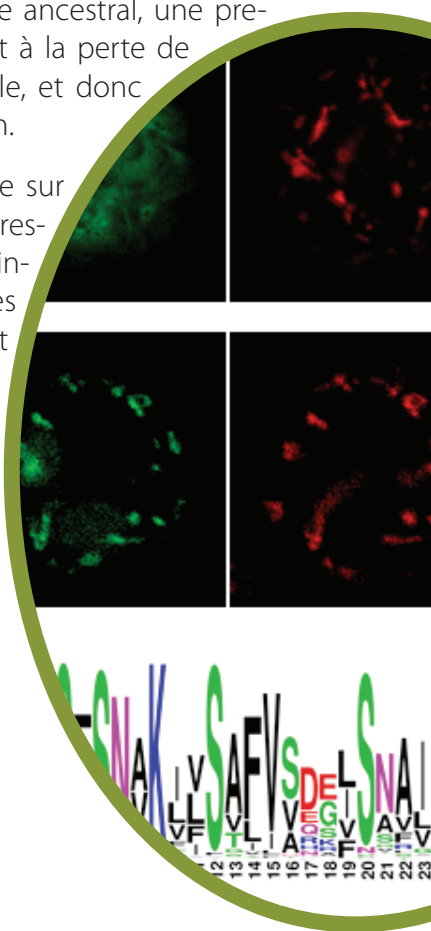
Une analyse bioinformatique de centaines de séquences de protéines LEA\_4 disponibles dans les banques de données a montré que la localisation mitochondriale des protéines de cette famille devait être la règle, et donc la localisation divergente de LEA38 (mitochondrie) et LEA 2 (cytosol) surprenante. Par des approches de modélisation, de génie génétique et de biologie cellulaire, nous avons désigné les déterminants de l'adressage mitochondrial de LEA38, et montré que quelques mutations de la séquence N-terminale de LEA2 étaient suffisantes pour renvoyer la protéine dans les mitochondries.

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent qu'à l'issue de la duplication du gène ancestral, une première mutation a conduit à la perte de localisation mitochondriale, et donc probablement de fonction.

Outre un nouvel éclairage sur les déterminants de l'adressage mitochondrial, ainsi que sur l'évolution des gènes LEA, ces travaux ont apporté des indices pour comprendre le rôle très énigmatique de ces protéines LEA\_4.

#### Contacts :

Marie-Hélène Avelange-Macherel :  
marie-helene.macherel@agrocampus-ouest.fr



### PLUS-VALUE SFR

Cette publication renforce la reconnaissance de la SFR sur une thématique originale, mais également au niveau de l'expertise en imagerie cellulaire. En effet, les travaux ont largement fait appel à l'expertise et à l'environnement du plateau d'Imagerie Cellulaire (IMAC) de la SFR pour l'analyse de la localisation des protéines mutées (fusions protéines fluorescentes) surexprimées dans des protoplastes de feuilles et observées au microscope confocal balayage laser.

### PUBLICATION(S)

- Avelange-Macherel, M-H, Candat, A, Neveu M, Tolleter D and Macherel D (2018) decoding the divergent subcellular location of two highly similar paralogous lea proteins. Int. J. Mol. Sci., 19, 1604.
- Hatzig S, Breuer F, Nesi N, Ducournau S, Wagner M-H, Leckband G, Abbadi A and Snowdon RJ. 2018. Hidden effects of seed quality breeding on germination in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Front. Plant Sci. 9:419.

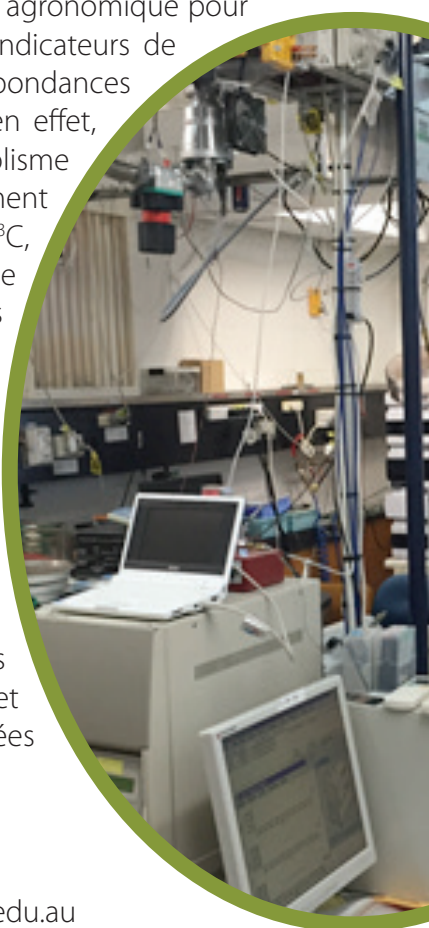
### Accueil de Guillaume Tcherkez au sein de l'équipe SMS de l'IRHS dans le cadre du projet Connect-Talent ISOSEED

Le rendement des plantes cultivées ne repose pas uniquement sur la performance de la plante adulte (photosynthèse, assimilation de l'azote, résistance aux maladies...) mais aussi sur la qualité des semences, de leur développement à la formation de la plantule au moment de l'établissement de la culture. De fait, on estime aujourd'hui que la qualité imparfaite des semences pourrait causer jusqu'à 20% de perte de rendement chez de nombreuses espèces cultivées. Cette pression va encore augmenter avec la nécessaire réduction de l'utilisation d'intrants chimiques dans les cultures. Ainsi, disposer de marqueurs de qualité à des fins d'amélioration des semences est un sujet de premier plan. Le projet s'inscrit dans une optique d'identification de biomarqueurs de qualité des semences basés sur le métabolisme, en particulier les abondances isotopiques naturelles. En effet, le métabolisme sous-tend tous les phénomènes clefs de l'émergence, de la germination et du développement de la graine (production d'énergie cellulaire, remobilisation des réserves, biosynthèses des protéines, etc.). Pourtant, les propriétés métaboliques sont encore relativement peu exploitées pour évaluer la qualité des semences. Le but d'ISOSEED est d'explorer l'utilisation des analyses métaboliques à large spectre

(métabolomique) et isotopiques afin de cribler des variétés de plantes d'intérêt agronomique pour lesquelles on dispose d'indicateurs de qualité. Il s'agit ici des abondances isotopiques naturelles : en effet, les réactions du métabolisme sélectionnent naturellement les formes isotopiques ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{34}\text{S}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ) de telle sorte que des variations de flux métaboliques peuvent être facilement détectées par le biais des teneurs naturelles en isotopes stables. De surcroît, dans une perspective d'application, un avantage des mesures isotopiques est qu'elles sont peu coûteuses et peuvent être implémentées à relativement haut débit.

#### Contact :

Guillaume Tcherkez :  
guillaume.tcherkez@anu.edu.au



### PLUS-VALUE SFR

Ce projet s'appuie sur les compétences en matière de biologie des semences de l'Institut de Recherche en Horticulture et Semences (IRHS) et tire parti de la complémentarité entre les atouts historiques de la région Pays de la Loire en chimie isotopique et sciences du végétal, de la forte implantation d'entreprises semencières, et des compétences du porteur de projet et de l'ANU en métabolisme et utilisation des isotopes stables. ISOSEED devrait contribuer à positionner la Région Pays de la Loire à la place de leader international en isotopie biologique. Université d'Angers, Inra (IRHS), Australian National University (Australie), CEISAM (Nantes)

### Articles de synthèse

- Mathieu Barret et Philippe Simoneau ont été invités à co-éditer une édition spéciale sur les semences et leurs microbes dans la revue *Plant and Soil*. : Nelson E, Simoneau P, Barret M, Mitter B, Compant S. 2018. Editorial special issue : the soil, the seed, the microbes and the plant. *Plant & Soil* 422:1-5.
- Escobar Rodriguez C, Mitter B, Barret M, Sessitsch A, Compant S. 2018. Commentary : seed bacterial inhabitants and their routes of colonization. *Plant & Soil* 422: 129-134
- Buitink J, Leprince O .2018. Letters to the twenty-first century botanist. Second series: What is a seed? – 2. Regulation. *Botany Letters* 165 : 181-185

### Invitations à des colloques

- Buitink, J. Understanding the plastic response of legume seed longevity to drought using natural genetic variation. *Salt and Water Stress in Plants» Gordon Research Conference, Waterville Vally, USA, 3-8 Juin 2018*
- Buitink J Lessons from anhydrobiosis in seeds: how not to die when dry. *Cryo2018, Madrid, Spain, 10-13 juillet 2018*
- Buitink J, Association rule discovery leads to identification of ABI4 in the environmental control of seed longevity. *First International Plant Systems Biology meeting, Jacob Monod meeting, Roscoff 10-14 septembre 2018*
- Buitink J, Lessons from anhydrobiosis in seeds: how not to die when dry. *Resurrection plants: hope for crop tolerance. FEBS meeting, 20-22 september, Plovdiv, Bulgarie*
- Buitink J, De la plasticité à la stabilité: amélioration de la qualité des graines des légumineuses face à la sécheresse. *Rencontre du Végétal, Angers, 4-5 décembre*
- Leprince O Forecasting longevity using accelerated aging. *2nd Seed Longevity Workshop. Fort Collins, Colorado USA, 31 Juillet-2 aout*

### Accueil & Mobilité internationale

- Lauren M. LUI Post-Doc dans le labo d'Adam Arkin (Lawrence Berkeley National Lab CA, USA) a été accueillie à l'IRHS dans le cadre d'un projet collaboratif financé par les Fonds France-Berkeley (2018-2019, 12 k€ au total dont 6 k€ pour EmerSys). Lauren Lui a passé 10j au labo (27 août au 4 septembre 2018) pour transférer un certain nombre de méthodes de préparation d'échantillons et d'analyses pour le TnSeq. Elle a présenté ses travaux le 30 août 2018 à la communauté de la SFR par un talk intitulé « Environmental mediation of microbial community assembly: high-throughput dissection of competition mechanisms among microbes ».
- Velasquez Nubia, Assistant Professor à l'Universidad Catolica de Oriente, Rionegro, Antioquia, Colombie est accueillie pour un post-doctorat dans l'équipe Fungisem du 8 janvier 2018 au 8 janvier 2020. Elle travaille sur le projet GERMRESIST (financement RFI Objectif végétal) portant sur l'analyse génétique de la transmission à la semence de *Alternaria brassicicola* chez *Arabidopsis*
- Iacomì Beatrice, maître de conférences à Université Sciences Agronomiques et de Médecine Vétérinaire de Bucarest, Roumanie a séjourné dans l'équipe Fungisem pendant 1 mois en Juillet 2018 pour étudier les interactions entre *Alternaria brassicicola* et des isolats fongiques issus du microbiote de graines de radis, potentiellement utilisables pour lutter contre la transmission d'*A. brassicicola* aux semences.

### Initiation de nouveaux projets

**FuSloN** : Rôle de l'azote dans les interactions plantes-pathogènes fongiques lors de l'établissement des plantules (B Teulat, C Campion, E Planchet). Budget : 111 k€. Thèse environnée RFI Objectif Végétal et CPER Ministère de l'Agriculture /Agrocampus Ouest

Les stades précoces du développement des plantes sont très sensibles aux variations environnementales et seront fortement impactés par la réduction des intrants chimiques pour la fertilisation et du traitement des semences. Le projet a pour but d'étudier l'influence de la source d'azote sur la balance développement de l'agent pathogène - développement de la plantule, et l'impact de différents niveaux d'apport en nitrate sur cet équilibre et sur le contrôle de la maladie, lors de la germination et la croissance des plantules.

*Partenaires* : IRHS-ég.SMS ; IRHS-ég.FungiSem ; IRHS-ég.ImHorPhen ; PT PHYTO.

**SEEDS** : SuccEssion des Ensembles microbiens lors du Développement des Semences (M. Barret). Budget 253 k€ ANR JCJC (2018-2021)

De nombreux micro-organismes sont naturellement associées aux graines d'une multitude d'espèces végétales. L'activité de ces micro-organismes peut avoir des effets bénéfiques, neutres ou délétères pour la croissance et la santé des plantes. L'amélioration de la croissance et la santé des plantes via l'utilisation de micro-organismes vectés par les graines est une alternative prometteuse à l'enrobage de semences. L'enjeu du projet SEEDS vise à comprendre les processus écologiques et biologiques impliqués dans la formation des communautés microbiennes associées aux semences, pour à terme en assurer une gestion optimale. Dans un premier temps le projet SEEDS s'intéressera à la formation de ces communautés lors du développement de la graine. Puis l'influence relative des processus de sélection ou de dérive écologique dans l'assemblage de ces communautés sera estimée. Enfin les déterminants moléculaires impliqués dans la colonisation des graines par certains taxons bactériens seront analysés. Ce projet est soutenu par l'initiative Phytobiomes.

*Partenaires* : IRHS-ég.Emersys, Vilmorin, le laboratoire d'Adam Arkin du department of Bioengineering à UC Berkeley.

**BRAF** : Mise au point de méthodes de dosage de composés de défense impliqués lors de la germination dans les interactions entre *Alternaria brassicicola* et des Brassicacées non cultivées (C. Campion, D. Guilet). 4,8 k€ financé par la SFR.

Ce projet vise le développement et la maîtrise des méthodes d'extraction et de détection des composés de défense in planta, adaptés aux graines et aux plantules. Disposer au sein du plateau PHYTO de la SFR de ces méthodes contribuerait à améliorer la compréhension du rôle de ces métabolites dans les interactions plante-pathogène, chez différentes plantes hôtes et dans des conditions environnementales contrastées. Il s'agira de 1) caractériser par leur identification et concentration, les composés de défense issus de précurseurs azotés dans les graines et les plantules de Brassicacées non cultivées et 2) de mesurer les modifications qui ont lieu au cours de la germination et du développement des plantules, en présence et absence de pathogène, et dans des conditions variables de disponibilité en azote.

*Partenaires* : IRHS-ég.Fungisem, IRHS-ég.SMS, IRHS-ég.ImHorPhen, PT Phyto.

**BiSAME** : Séquençage bisulfite des mutants altérés dans ses marques épigénétiques (A. Kwasiborski). 5 k€ financé par la SFR

L'objectif est de développer sur le PT ANAN un outil d'analyse des méthylations du génome qui utilise le séquençage bisulfite et permette de réaliser les analyses bioinformatiques associées. Le projet permettra de tester dans quelle mesure la méthylation de l'ADN intervient-elle dans la virulence de *A. brassicicola* ou dans les capacités de biocontrôle de *Trichoderma* sp.

*Partenaires* : IRHS-ég.Fungisem, IRHS-ég.Epicenter, IRHS-ég.BiDéfi, PT ANAN.

## Animation Scientifique

La journée scientifique de l'axe 2 a été organisée le 24 Janvier 2019 et concernait cette année le thème de la santé des semences avec un focus important sur le microbiote associé aux graines. Deux conférenciers invités sont intervenus le matin, puis 6 chercheurs

locaux ont présenté leurs travaux sur la qualité des semences. Un moment d'échange entre les jeunes chercheurs (doctorants et post-doctorants), les conférenciers invités et les animateurs de l'axe a clos cette journée très riche en échanges scientifiques.

### Animation scientifique de la SFR QUASAV

#### Seed health day

Jeudi 24 janvier 2019

Amphi D (André Leroy)

Agrocampus Ouest, Angers



|             |                                                           |                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9h30- 10h00 | Welcome and coffee                                        |                                                                                                                                                                                                       |
|             | Chair: Olivier Leprince                                   |                                                                                                                                                                                                       |
| 10h00-11h00 | <b>Birgit Mitter</b><br>IAT, Vienne, Autriche             | The seed microbiome of weed and means to change plant traits by modifying the seed microbiome.                                                                                                        |
| 11h00-12h00 | <b>Matthieu Barret</b><br>IRHS, Angers                    | Processes involved in the assembly and dynamics of the seed microbiota.                                                                                                                               |
| 12h00-13h30 | Meal                                                      | Club de la Technopole, organizers and speakers                                                                                                                                                        |
|             | Chair: Marie-Agnès Jacques                                |                                                                                                                                                                                                       |
| 13h30-13h50 | <b>Nubia Velasquez</b><br>IRHS, Angers                    | Secondary metabolism in Arabidopsis germinating seeds could illustrate a trade-off between fungal pathogen propagation and dormancy release.                                                          |
| 13h50-14h10 | <b>Geoffrey Orgeur</b><br>GEVES, Angers                   | Adapting seed health testing to new needs of stakeholders: prescreening, viability and biocontrol.                                                                                                    |
| 14h10-14h30 | <b>Armelle Darrasse</b><br>IRHS, Angers                   | Seed transmission of <i>Xanthomonas</i> : state of the art                                                                                                                                            |
| 14h30-14h50 | <b>Guillaume Chesneau</b><br>IRHS, Angers                 | Assembly of microbiota during seed development and identification of bacterial competitive strains against the phytopathogenic bacterial strain, <i>Xanthomonas campestris</i> pv <i>campestris</i> . |
| 14h50-15h20 | Coffee break                                              |                                                                                                                                                                                                       |
|             | Chair: Matthieu Barret                                    |                                                                                                                                                                                                       |
| 15h20-15h50 | <b>Thibault Barrit</b><br>IRHS, Angers                    | Role of nitrogen in plant-fungi pathogen interactions during seedling establishment                                                                                                                   |
| 15h50-16h10 | <b>Caroline Lacault</b><br>IRHS, Angers                   | The role of seed in transmission of <i>Pseudomonas syringae</i> responsible for vein clearing on zucchini plantlets                                                                                   |
|             | Chair: David Macherel                                     |                                                                                                                                                                                                       |
| 16h15-17h15 | <b>Exchange and discussions with docs &amp; post-docs</b> | Maison de la Recherche, R+2 meeting room                                                                                                                                                              |

## Faits marquants de l'Axe 3

# Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Animateurs:

Séverine Derbré (SONAS)  
et Soulaïman Sakr (IRHS-équipe Arch'E)

## Obtention d'une séquence de référence de haute-qualité pour le génome de la rose et son utilisation pour étudier des caractères ornementaux

Le rosier est la première plante ornementale pour la production de plantes de jardin et de fleurs coupées. Le genre *Rosa* présente des plantes avec une importante hétérozygotie et des niveaux de ploïdie variable, compliquant l'obtention d'une séquence de haute-qualité. L'objectif du projet était de développer une séquence de référence de haute qualité chez le rosier pour étudier l'évolution au sein du genre *Rosa* et les bases moléculaires des principaux caractères ornementaux. Dans le cadre d'un consortium international regroupant 40 scientifiques, coordonné par l'IRHS à Angers, nous avons développé un haploïde homozygote qui a été séquencé en combinant un séquençage de reads longs et courts. En combinant génétique et génomique, nous avons ainsi mis en évidence un nouvel allèle contrôlant la remontée de floraison et isolé le gène contrôlant le nombre de pétales chez la fleur du rosier, il s'agit d'un homologue du gène *APETALA2*. Les fleurs doubles s'expliquent par l'insertion d'un élément répété dans le gène. Cette nouvelle ressource ouvre la voie à des études de génomique chez le rosier, tels

que les études de phylogénomique du genre *Rosa* et la génomique de la résistance à la maladie des tâches noires. L'obtention de la séquence de rosier permet de faire entrer le rosier dans l'ère de la génomique et d'accélérer les approches concernant l'origine, la sélection et le déterminisme de caractères ornementaux. Ce travail a permis à l'IRHS d'être aujourd'hui reconnu comme l'un des acteurs majeurs sur la génomique du rosier et de fédérer un consortium international.

### Contact :

Fabrice Foucher :  
fabrice.foucher@inra.fr



## PLUS-VALUE SFR

Ce projet a mobilisé les compétences complémentaires de nombreuses équipes de la SFR : GDO, Arch'E, Bio-Info et EpiCenter. Il s'est appuyé sur le plateau technique ANAN et sur IMORPHEN pour la production de plantes et l'unité expérimentale Horti pour l'entretien et le phénotypage des descendances de rosiers en pleins champs.

## PUBLICATION

Hibrand Saint-Oyant L, Ruttink T, Hamama L, Kirov I, Lakhwani D, Zhou NN, Bourke PM, Daccord N, Leus L, Schulz D, Van de Geest H, Hesselink T, Van Laere K, Debray K, Balzergue S, Thouroude T, Chastellier A, Jeauffre J, Voisine L, Gaillard S, Borm TJA, Arens P, Voorrips RE, Maliepaard C, Neu E, Linde M, Le Paslier MC, Bérard A, Bounon R, Clotault J, Choïne N, Quesneville H, Kawamura K, Aubourg S, Sakr S, Smulders MJM, Schijlen E, Bucher E, Debener T, De Riek J, Foucher F (2018) A high-quality genome sequence of *Rosa chinensis* to elucidate ornamental traits. *Nature Plants*. doi:10.1038/s41477-018-0166

## PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

IRHS (Equipe GDO, Arch'E, EpiCenter, Bio-Info, IMorPhen), Plateau technique ANAN, l'UE Horti, URGI – Inra (Versailles, France), EPGV – Inra, Cea (Evry, France), Leibniz Universität Hannover (Hanover, Allemagne), Wageningen University & Research (Wageningen, Pays-Bas), ILVO (Instituut voor Landbouw, Melle, Belgique), Russian State Agrarian University (Moscou, Russie), Osaka Institute of Technology (Osaka, Japon)

Faits marquants 2018 SFR QUASAV

## Faits marquants de l'Axe 3 : Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

### Dialogue entre nutriments (saccharose et asparagine) et hormones (cytokinines) dans la régulation de la ramification chez le rosier

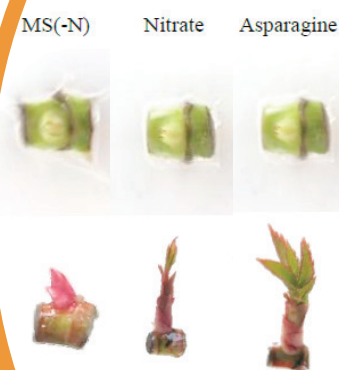
La régulation du débourrement du bourgeon est sous le contrôle de facteurs endogènes (hormones, sucre, azote) et exogènes (lumière). Mais leur interaction reste difficile à appréhender. L'objectif de ce projet était de quantifier la contribution de la nutrition azotée dans le débourrement des bourgeons et de préciser le lien avec les sucres et les phytohormones. Grâce au marquage isotopique au  $^{15}\text{N}$ , l'azote nécessaire à l'élongation des axes provient, après décapitation, majoritairement de l'assimilation racinaire. La concentration en asparagine est alors élevée dans la sève et les tissus des axes en élongation. Des études menées par culture *in vitro* ont démontré que l'asparagine est le seul acide aminé capable d'assurer l'élongation des axes issus de bourgeons et que la présence simultanée de sucre est requise. D'autre part, l'action stimulatrice des CK sur le débourrement ne se manifeste que dans un contexte nutritionnel optimal.

Ce travail ouvre des perspectives intéressantes visant à étudier le rôle signal des nutriments carbonés (sucre) et azotés (asparagine) dans le débourrement, en interaction avec les hormones clefs de la ramification.

Ces résultats contribuent à mieux comprendre le contexte physiologique favorable à la ramification, en montrant que la maîtrise de la nutrition carbonée et azotée de la plante est un levier important dans ce processus.

#### Contact :

Alain Vian :  
[alain.vian@univ-angers.fr](mailto:alain.vian@univ-angers.fr)



### PLUS-VALUE SFR

Au-delà des plateformes, ce projet a impliqué une collaboration forte avec l'équipe SMS de l'IRHS, notamment sur la partie relative à la nutrition azotée, permettant d'entrevoir des nouvelles collaborations, qui peuvent s'élargir à d'autres questions scientifiques.

### PUBLICATION

MA Le Moigne, V Guérin, PM Furet, V Billard, A Lebrech, L Spichal, H Roman, S Citerne, A Morvan-Bertrand, A Limami, A Vian, J Lothier (2018) Asparagine and sugars are both required to sustain secondary axis elongation after bud outgrowth in *Rosa hybrida*. *Journal of Plant Physiology* 222 : 17–27.

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Ce projet a été mené dans le cadre d'une thèse financée par un contrat doctoral de l'université d'Angers. Les rosiers ont été produits par la plateforme Phenotic de l'IRHS. Les PCR ont été réalisées sur la plateforme ANAN (SFR QUASAV), l'analyse des acides aminés et des sucres a été menée en collaboration avec l'équipe SMS de l'IRHS et la plate-forme P2M2. Les analyses isotopiques ont été réalisées par le plateau PLATIN de Caen dans le cadre d'une collaboration avec l'UMR LEVAP.

## Faits marquants de l'Axe 3 : Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

### Analyse de la perception visuelle de la plante ligneuse par le consommateur

Dans le contexte horticole, la qualité visuelle de la plante est un critère important dans la perception du produit par le consommateur. Il est donc important de caractériser objectivement les composantes visuelles de la plante. L'objectif de ce projet était de définir les composantes visuelles de la plante, d'analyser et prédire les relations entre les composantes intrinsèques de la plante (composantes architecturales) et les composantes visuelles (descripteurs sensoriels). Le résultat est une proposition de modèles prédictifs entre les composantes sensorielles, les composantes morphométriques et les composantes architecturales. Les perspectives sont l'intégration de ces modèles dans

un outil d'aide à l'innovation pour mieux répondre à l'attente des consommateurs. Ils permettront d'orienter soit des programmes de sélection variétale en amont, soit des itinéraires culturaux pour mieux exploiter une variabilité phénotypique potentielle.

#### Contact :

Gilles galopin :  
gilles.galopin@  
agrocampus-ouest.fr



### PLUS-VALUE SFR

Ce travail a fait l'objet d'une pluridisciplinarité importante, impliquant trois équipes de la SFR (IRHS, éq. ARCH-E, GRAPPE), fédérée autour du Plateau technique (Phénotic) pour assurer l'acquisition automatique d'images, la réalisation de vidéos, le phénotypage par l'analyse architecturale, le traitement des données et l'émergence de modèles prédictifs.

### PUBLICATION

Garbez M., Symoneaux, R., Belin E., Caraglio Y., Chène, Y., Dones N., Durand J.B., Hunault G., Relion D., Sigogne M., Rousseu D., Galopin G. (2018), Ornamental plants architectural characteristics in relation to visual sensory attributes: a new approach on the rose bush for objective evaluation of the visual quality. European Journal Horticulture Sciences 83(3), 187–201. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.3.8>

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Programme développé dans le cadre d'une bourse CIFRE avec les pépinières Desmartis et un financement de l'ANRT

## Faits marquants de l'Axe 3 : Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

### La signalisation par les sucres au cœur du fonctionnement de la plante

Le fonctionnement de la plante est un processus très complexe, régi par l'intégration multi-échelle de plusieurs voies de signalisation émanant des facteurs endogènes (hormones et nutriments) et exogènes (facteurs environnementaux).

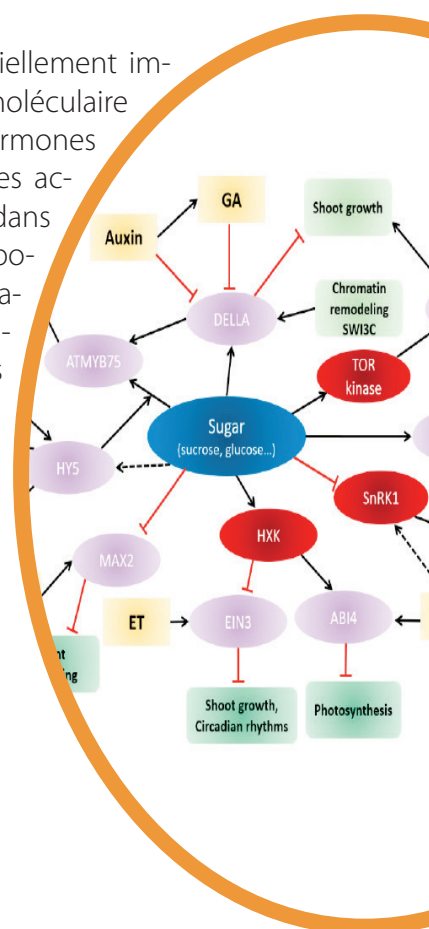
Ce travail vise à dresser un état des lieux sur la nature des différentes voies de signalisation des sucres au sein de la plante et de leurs interactions avec les hormones pour réguler certains processus clés de la plante. Cette revue a permis de souligner la complexité des voies de signalisation de sucres au sein de la plante et la diversité des mécanismes de régulations mis en jeu (de la régulation épigénétique à la régulation post-traductionnelle). Elle a également permis d'identifier certains acteurs du réseau moléculaire au cœur de l'interaction entre les sucres, les hormones et l'azote.

Enfin, plusieurs pistes de recherche ont été proposées pour développer nos connaissances en physiologie végétale. En contribuant à l'identification des intégra-

teurs moléculaires potentiellement impliqués dans le dialogue moléculaire entre les sucres et les hormones (Max2 ; HY5, DELLA...), ces acteurs seront caractérisés dans le cadre de futures collaborations, quant à leur implication dans par exemple la ramification, qui est une des variables clés de la qualité visuelle des plantes ornementales.

#### Contact :

Soulaiman Sakr :  
soulaiman.sakr@  
agrocampus-ouest.fr



### PUBLICATION

S. Sakr, M Wang, F Dédaldéchamp, MD Perez-Garcia, L. Ogé, L Hamama et R. Atanassova (2018) : The sugar-signaling hub : overview of regulators and intercation with the hormonal and metabolic network. International Journal of Molecular Sciences, 19, 2506, doi : 10.3390/ijms19092506

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Ce travail a été mené en collaboration avec deux équipes de l'axe 3 de la SFR (IRHS, éq.ARCH-E et GDO), dans le cadre du projet de thèse intitulé « réseau de régulation moléculaire de l'expression du gène BRANCHED1 (BRC1) dans le bourgeon axillaire du rosier, en réponse au sucre et à l'auxine ». Ce projet est en partie financé par le projet ANR labcom ESTIM (intégrant plusieurs équipes de la SFR) et du financement China Scholarships Council. Faits marquants 2018 SFR QUASAV

## Faits marquants de l'Axe 3 : Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

### Performance de la croissance d'arbres dans des sols construits à partir de déchets urbains

Les plantes en milieu urbain se développent généralement dans un environnement stressant. Maintenir une bonne qualité de sol est essentiel pour améliorer le développement et la santé des arbres dans un tel environnement.

Cette étude évalue la dynamique des propriétés physico-chimiques de Technosols (sols construits) et compare les performances de développement d'arbres (*Acer platanoïdes*) dans différents mélanges de déchets. Les caractéristiques des déchets et proportions de mélange ont affecté le développement des arbres. Les propriétés physiques n'ont pas été un facteur limitant pour le développement des arbres, mais les propriétés chimiques des matériaux ont conduit au développement médiocre des arbres, dans le sol témoin. Dans les sols construits à partir de déchets et en particulier dans celui contenant des boues de station d'épuration et du ballast, la croissance des arbres était satisfaisante. Les teneurs en

éléments nutritifs du sol restaient satisfaisantes durant la durée de l'essai.

Les sols construits à partir de déchets peuvent être un support de végétation.

Ces systèmes devraient garantir une autonomie hydrique et nutritive satisfaisante pour le développement des arbres.

#### Contact :

Patrice Cannavo :

patrice.cannavo@  
agrocampus-ouest.fr



### PLUS-VALUE SFR

Ce projet illustre une action de recherche dans le cadre de la thématique émergente « plante en milieu urbain ». Il valorise une action de recherche menée en partenariat entre deux équipes de l'axe 3 de la SFR (Ephor et IRHS éq. ARCH-E). Il apporte également la preuve scientifique que les mélanges terre-pierre aident à la croissance des arbres.

### PUBLICATION

P Cannavo, R Guénon, G Galopin, L Vidal Beaudet (2018). Technosols made with various urban wastes showed contrasted performance for tree development during a 3-year experiment, *Environmental Earth Sciences*, 77:650, <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7848-x>

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

Travaux menés dans le cadre du projet SITERRE (2011-16, financement Ademe), porté par Plante&Cité et en partenariat privilégié avec l'UMR 1120 LSE (Laboratoire Sols et Environnement), l'IFSTTAR (L'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux), le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) et l'entreprise Luc Durand Travaux Publics.

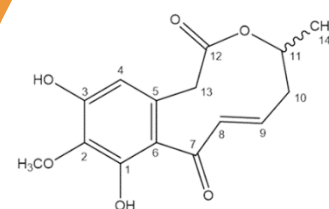
### Un métabolite secondaire phytotoxique original impliqué dans l'agressivité d'*Alternaria dauci* sur la carotte

Les mécanismes impliqués dans les caractères quantitatifs d'agressivité et de résistance partielle des plantes sont peu connus. Néanmoins, ils sont répandus dans la plupart des interactions plantes - pathogènes nécrotrophes, comme *Daucus carota* - *Alternaria dauci*. La production de métabolites phytotoxiques par l'agent pathogène joue un rôle clé dans l'agressivité de ces interactions. Le but de l'étude était d'explorer le lien entre l'agressivité de *A. dauci* et la production de toxines. Pour cela, des cultures de cellules embryogènes de carottes provenant d'un génotype susceptible (H1) et de deux génotypes partiellement résistants (I2 et K3) ont été testées avec des exsudats de souches de *A. dauci* présentant différents niveaux d'agressivité. Les génotypes de carotte résistants à *A. dauci* n'étaient affectés que par les exsudats de la souche la plus agressive de notre étude (ITA002). Ces résultats mettent en évidence un lien positif entre l'agressivité d'*A. dauci* et la toxicité des exsudats fongique. La toxicité fongique de l'exsudat serait liée à une quantité croissante de composés toxiques produits par le champignon. En effet, la production d'exsudats organiques par le champignon était corrélée à l'agressivité. L'analyse des exsudats par CLHP a été effectuée et les corrélations entre les intensités maximales et l'agressivité

fongique évaluée. Un des produits était étroitement lié à l'agressivité fongique. Il a été purifié et identifié par RMN comme une nouvelle benzène-diol-lactone à 10 chaînons, un polyacetate nommé aldaulactone. Une nouvelle méthode d'analyse d'images automatisée a permis de montrer que l'aldaulactone était toxique pour les cellules végétales cultivées *in vitro*. En conclusion, 1/ l'aldaulactone est une nouvelle phytotoxine ; 2/ il existe une relation entre la quantité d'aldaulactone produite et l'agressivité fongique ; 3/ la résistance de la carotte à *A. dauci* implique des mécanismes de résistance à l'aldaulactone.

#### Contact :

Romain Berruyer :  
romain.berruyer@univ-angers.fr



### PLUS-VALUE SFR

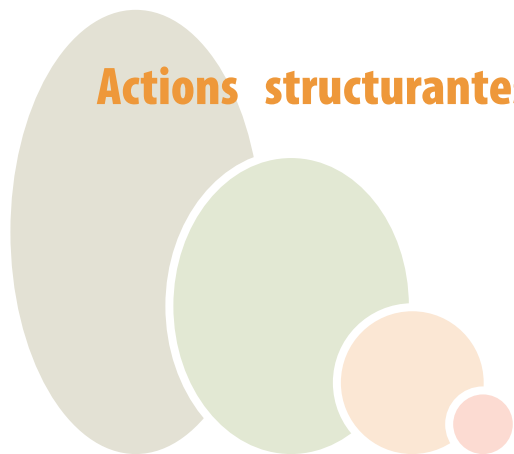
Au-delà des plateformes PHYTO et PHENOTIC, ce projet a impliqué une collaboration entre 2 équipes de l'IRHS Fungisem et QuaRVeg) et le SONAS.

### PUBLICATION

Julia Courtial, Latifa Hamama, Jean-Jacques Helesbeux, Mickaël Lecomte, Yann Renaux, Esteban Guichard, Linda Voisine, Claire Yovanopoulos, Bruno Hamon, Laurent Ogé, Pascal Richomme, Mathilde Briard, Tristan Boureau, Séverine Gagné, Pascal Poupard, Romain Berruyer. Aldaulactone – An Original Phytotoxic Secondary Metabolite Involved in the Aggressiveness of *Alternaria dauci* on Carrot. *Frontiers in Plant Science* 2018 9, Article 502.

### PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

IRHS: Fungisem, QuaRVeg ; SONAS ; Plateformes PHENOTIC et PHYTO



### Le végétal en milieu urbain

Parmi les projets financés en 2018, nous notons deux projets s'inscrivant dans la dynamique de l'émergence de l'axe végétal en milieu urbain, impliquant à chaque fois au moins deux équipes de l'axe 3 de la SFR. Ces projets abordent le rôle du végétal au regard de ces « services écosystémiques » (le projet CliSeTiCS) et sa dimension alimentaire (le projet GOSYRIS).

**Le projet CliSeTiCS** « quantification et modélisation des services climatiques rendus par les arbres dans une rue canyon ».

Ce projet est né du constat que plus de la moitié la population mondiale habite en ville, rendant la question sur le bien-être en milieu urbain centrale. Les végétaux jouent un rôle clé dans les politiques d'aménagement des villes, compte tenu des services écosystémiques qu'ils assurent, en particulier le rafraîchissement urbain et l'atténuation des îlots de chaleur (via l'évapotranspiration et l'ombrage). L'objectif de ce projet est de mieux comprendre et de quantifier les services écosystémiques en termes de rafraîchissement et d'atténuation des îlots de chaleur urbain rendus par les arbres en ville sous différentes conditions climatiques, et d'évaluer les conséquences de restrictions hydriques sur ces services. La rue canyon représente une morphologie classiquement rencontrée en ville et sa géométrie simple facilitera la mise en œuvre d'étapes de modélisation. L'accent sera mis sur les transferts d'eau dans le continuum substrat-plante-atmosphère en conditions urbaines ainsi que sur les transferts de chaleur entre les végétaux et leur environnement pour différents régimes hydriques.

*Partenaires : Ce projet s'appuie sur une collaboration entre deux équipes de l'axe 3 de la SFR (IRHS éq. ARCH-E et EPHOR) et l'équipe LEE de l'IFSTAR, avec un co-financement (ADEME-Région et RFI).*

**Le projet GOSYRIS** « systèmes verger-maraîcher : recherches appliquées sur le continuum sol-plante-atmosphère »

Poussée par la demande sociétale, la construction de systèmes alimentaires territorialisés (SAT) incite au développement, en zones péri-urbaines ou proches des agglomérations, de systèmes de culture innovants en fruits et légumes. Ces nouveaux systèmes répondent à des enjeux environnementaux, tels que la réduction d'utilisation d'intrants, la maîtrise d'utilisation des différentes ressources... L'objectif de ce projet est de concevoir les bases d'un modèle des traits de fonctionnement du système sol-plante-atmosphère des vergers-maraîchers. La hiérarchisation spatio-temporelle des différents processus intervenant dans la régulation hydrominérale du sol, la croissance végétale et l'évapotranspiration, sera étudiée et validée en contexte expérimental et professionnel (permettant de diversifier les combinaisons de culture). En intégrant dans un modèle commun ces principaux processus, l'outil créé sera une première étape vers la conception d'un OAD pour l'aide à la conception et le pilotage des vergers-maraîchers.

*Partenaires : Ce projet s'appuie sur une collaboration entre deux équipes de l'axe 3 de la SFR (IRHS éq. Qualipom et EPHOR) et l'équipe LEE de l'IFSTAR (L'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux), avec un co-financement (CPER- RFI).*

### Articles de synthèse

- Wang M., L Ogé, M-D Perez-Garcia, L Hamama, S Sakr (2018) The PUF Protein Family: Overview on PUF RNA Targets, Biological Functions, and Post Transcriptional Regulation. International Journal Molecular Sciences 19(2), 410; <https://doi.org/10.3390/ijms19020410>
- Sakr S, M Wang, F Dédaldéchamp, M-D Perez-Garcia, L Ogé, L Hamama, R Atanassova (2018) The Sugar-Signaling Hub: Overview of Regulators and Interaction with the Hormonal and Metabolic Network. International Journal Molecular Sciences, 19(9), 2506; <https://doi.org/10.3390/ijms19092506>
- Rouger C, S Derbré, P Richomme (2018) Prenylated polyphenols from Mesua sp.: Chemical aspects and pharmacological relevance. Phytochem. Rev. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9594-9>

### Invitations à des colloques

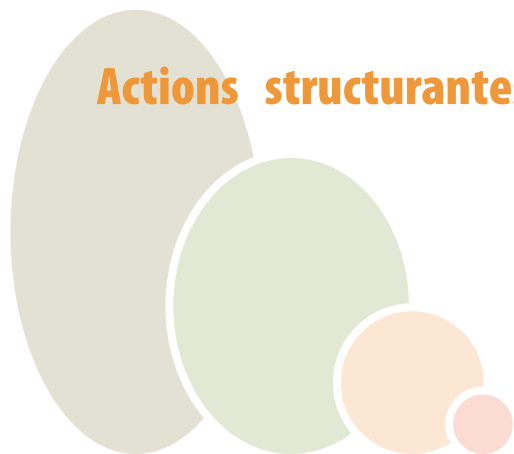
- Bournet P.E. 2018. Advances and challenges in CFD modelling of crop climate interaction in greenhouses, High-level International Forum on Protected Horticulture (HIFPH 2018), Shouguang, China 18-21 avril.
- Geoffriau E., 2018. Carrot quality: progress and challenges for breeding and production. 2nd ISHS International Symposium Carrot and other Apiaceae. Krakow, Poland, 19-22 september (oral invited communication)
- Hibrand Saint-Oyant L et al., 2018. «A high-quality sequence of Rosa chinensis to elucidate genome structure and ornamental traits» San Remo (Italy), June 12-15th, meeting of the two groups "Biologia cellulare molecolare" and "Biotecnologie e Differenziamento", belonging to the Italian Botanical Society
- Hibrand Saint-Oyant L et al., 2018. «A high-quality sequence of Rosa chinensis to elucidate genome structure and ornamental traits» RGC9 June 26-30, 2018 Nanjing, China
- Richomme, P. New avenues for gold old natural products (NPs). IUPAC Congress, Athènes, Grèce, 25-29 Novembre (Conférencier invité)

### Accueil & Mobilité internationale

- L'équipe ARCH-E de l'IRHS a reçu Salima Semroud Boumaza (Chercheure, Ecole des Sciences de la Mer et du Littoral, Dely Brahim, **Algérie**) durant 1 semaine (décembre 2018) dans le cadre d'une collaboration dans le domaine des statistiques.
- S. Sakr (équipe ARCH-E de l'IRHS) a participé à une mission au **Japon** du 19 au 22 novembre 2018 portant sur le « vertical farming », organisée par Food pays de la Loire (chambre d'agriculture) et le pôle de compétitivité Vegepolys. Cette mission a regroupé une dizaine d'entreprises françaises et a permis de rencontrer des entreprises Japonaises leaders dans ce domaine et des équipes de recherche de trois universités.
- Zahra Karimian (Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad, **Iran**) a été accueillie pendant un mois (octobre 2018, financement Université d'Angers Agrocampus Ouest mobilité) par l'équipe GDO de l'IRHS. Cette mobilité s'inscrit dans le cadre du projet OriGen (Deciphering the origin and agronomic interest of Rosa persica) portant sur une espèce ancestrale du genre Rosa, Rosa persica originaire de Perse.
- Depuis une vingtaine d'années, le laboratoire SONAS s'est plus particulièrement intéressé à l'étude phytochimique de Clusiaceae et Calophyllaceae de diverses origines, i.e. **Nouvelle-Calédonie** (collaboration avec l'ICSN-CNRS de Gif-sur-Yvette), **Malaisie** [collaboration avec l'Université of Malaya (UM), Kuala Lumpur, Malaisie]. En effet, les plantes de ces deux familles botaniques proches biosynthétisent des dérivés (poly)phénoliques (poly)prénylés d'intérêt pharmacologique. Concernant la valorisation thérapeutique (i.e. Anti-inflammatoire) de ces métabolites secondaires, les accueils de chercheurs étrangers et la mobilité internationale sont restés très actifs en 2018 :
  - ✓ Les projets 5-LOXIB Design (PHC Amadeus, 2017-2018) et ADAPT (RFI Végétal, Hémisynthèse de chalcone du pommier) ont permis les déplacements (1 semaine) de Jean-Jacques Helesbeux, Denis Séraphin, G. Viault, A. et P. Richomme

(SONAS) à l'institut de pharmacie de l'université d'Innsbruck (**Autriche**) dirigé par le Pr Daniela Schuster [Computer Aided Molecular Design Group (CAMD)] et à la Fondazione E. Mach (S. Martens, San Michele all'Adige, IT) pour se perfectionner en modélisation moléculaire et faire le bilan des travaux menés en commun.

- ✓ Dans le cadre du projet EcosNord (2017-2020, Valorisation des ressources végétales, naturelles et renouvelables du Yucatan) entre le SONAS et le Centro de Investigacion Cientifica de Yucatan, Mérida (**Mexique**), l'étude phytochimique et biologique (activités anti-inflammatoires et anti-AGEs) de Clusiaceae mexicaines s'est poursuivie : deux doctorants en thèse en cotutelle avec le Mexique [J. Ceballos Cruz (hémisynthèse à partir de tocotriénols extraits de plantes mexicaines) et L. Herbert Doctor (étude phytochimique de Clusiaceae mexicaines)] ont réalisé des travaux d'hémisynthèse, de dérégulation d'extraits par RMN du carbone 13 et d'évaluation de l'activité anti-AGEs au SONAS entre septembre et décembre. A. Ville, doctorante du SONAS, s'est également rendue au CICY (Mai 2018).
- ✓ Sow Tein Leong (Université de Malaya, **Malaisie**) est venue pendant 2 mois (22 mai au 21 juillet 2018, MAE) pour terminer ses travaux de dérégulation d'extraits de Clusiaceae malaisiennes par RMN du 13C
- ✓ Le PHC Procope (2018-2019) a permis à Kostantin Neukirch (Doctorant, Université d'Iena, **Allemagne**, 3 semaines) de s'initier à l'extraction de tocotriénols précurseurs de dérivés anti-inflammatoires et à Andreas Koeberle (Chercheur, Université d'Iena, 1 semaine) de participer à une réunion de coordination du programme. Il a également donné une conférence. Dinh Chau Phi (doctorant SONAS) s'est également rendu à Iena en décembre 2018 pour se former et réaliser les évaluations biologiques.



### Animation scientifique de l'axe

En 2018, les valorisations et la qualité des plantes et extraits riches en polyphénols étaient au cœur de l'animation annuelle de l'axe 3, financée par le RFI Objectif végétal [7 décembre 2018, Angers, (programme détaillé de la journée en annexe)]. Ce workshop a regroupé des experts de cette thématique locaux (GRAPPE, SONAS, Nor-Feed), nationaux et européens. La journée s'est articulée autour de succès et perspectives de valorisations des polyphénols végétaux (e.g. vigne, pommier) le matin : Pr. H. Stuppner (AT, Univ. Innsbruck), coordinateur et porteur de divers projets (MediHealth, NATPROTEC, DNTI) a apporté son expertise dans le domaine des valorisations nutritionnelle et thérapeutique des polyphénols ; Pr. J.-M. Merillon (FR, Univ. Bordeaux), directeur scientifique de Polyphenols Biotech (Cellule de transfert et de technologie de l'Institut Scientifique de la Vigne et du Vin) a partagé son expérience sur les valorisations des polyphénols de la vigne en cosmétique ou comme actif de compléments alimentaires ; Pr S. Martens (IT, Fondazione E. Mach, San Michele all'Adige), porteur d'un projet EUREGIO (ExPoApple2) a exposé les outils développés pour valoriser les activités biologiques des dihydrochalcones des pommiers ; P. Engler, ingénieur produit chez NorFeed (Angers), Partenaire du SONAS dans le LabCom Feed InTech (2017) a présenté des résultats sur la valorisation des polyphénols en nutrition animale. Elle s'est enrichie l'après-midi d'interventions sur qualités des végétaux et extraits, riches en polyphénols : R. Symoneaux (GRAPPE) a présenté, dégustation à l'appui, les outils permettant d'évaluer l'impact des procyanidines des pommes sur la qualité gustative des jus et cidres ; cette intervention a été

complétée par S. Guyot (FR, Inra, unité BIA)) qui a exposé les outils analytiques permettant actuellement la caractérisation de ces polymères ; des innovations en matière d'extraction et d'analyse de polyphénols ont complété cette session : A.S. Fabiano (FR, GREEN, Univ. Avignon) a développé les différents moyens d'extraction écologiques de ces métabolites secondaires (ultrasons, micro-ondes, solvants alternatifs) avant qu'A. Schinkovitz (SONAS) ne présente la spectrométrie de masse par désorption-ionisation laser (MS-LDI) sans matrice comme un outil d'analyse efficace, rapide et innovant des mélanges complexes de polyphénols.

Avec une cinquantaine de participants, principalement des chercheurs issus des laboratoires de la SFR QUASAV, mais également des ingénieurs R&D d'entreprises du réseau de Végépolys Innovation, cette journée a permis de souligner à nouveau l'expertise et le potentiel d'innovation des équipes de l'axe 3 de la SFR en matière d'analyses des extraits complexes et d'évaluation de l'impact des métabolites secondaires sur les qualités gustatives. Elle a mis en exergue leurs partenariats déjà existants avec des acteurs académiques et du secteur privé, locaux, nationaux et européens, en matière de valorisation des plantes et extraits à polyphénols. Par ailleurs, des membres de la SFR ont souligné l'importance de ces compétences pour leurs projets en maturation. Ils ont évoqué la possibilité d'intégrer cette approche par les métabolites secondaires dans de nouveaux contextes de valorisation (e.g. développement végétal, interaction des plantes avec leur environnement).



Journée d'animation de l'axe 3 de la SFR QUASAV

« Valorisations et qualité des plantes et extraits riches en polyphénols »

Vendredi 7 Décembre 2018

UFR Sciences, Université d'Angers (Amphi E, Bâtiment A)

9h30 : Accueil des participants

## **Matinée : Succès et perspectives de valorisation des polyphénols végétaux**

10h00: H. Stuppner (AT, Univ. Graz) : coordinateur ou porteur de divers projets (MediHealth, NATPROTEC, DNTI) impliquant les valorisations nutritionnelle et thérapeutique des polyphénols. « Polyphenols as source for new hit and lead compounds ».

10h30 : J.-M. Merillon (FR, Univ. Bordeaux) : dir. scientifique Polyphenols Biotech – « Valorisation nutritionnelle et cosmétique des polyphénols de la vigne »

11h00 : S. Martens (IT, Fondazione E. Mach, San Michele all'Adige) : porteur d'un projet EUREGIO ExPoApple2 visant à valoriser les activités biologiques des dihydrochalcones des pommiers « Exploring the potential of apple dihydrochalcones »

11h30 : P. Engler (FR, NorFeed<sup>1</sup>, Angers) : Valorisation des polyphénols en nutrition animale

Pause-déjeuner

## **Après-midi : Qualités des végétaux et extraits, riches en polyphénols**

14h00 : A.-S. Fabiano (FR, GREEN, Univ. Avignon) : Eco-extraction des polyphénols

14h30 : R. Symoneaux (GRAPPE) : Rôle des polyphénols des fruits dans la perception sensorielle

15h00 : S. Guyot (FR, INRA Le Rheu, Equipe Polyphenols, Reactivity, Processes) : Polyphénols des fruits : analyse et caractérisation

15h30 : A. Schinkovitz (SONAS) : La spectrométrie de masse par désorption-ionisation laser (LDI) sans matrice, un outil d'analyse des mélanges complexes de polyphénols

16h00 : Discussion, échanges des opportunités

### Conclusion : Effet structurant de l'axe et nouveaux projets

Les thèmes de recherche des équipes de cet axe sont très diversifiés autour des grands thèmes que sont les qualités et les valorisations. Ils bénéficient d'une visibilité nationale et internationale. Nous notons pour cette année que le nombre de publications co-signées par des équipes de l'axe 3 en collaboration ou avec des plateaux techniques / plateforme de la SFR, souvent en collaboration avec des équipes des autres axes de la SFR s'établit au moins au nombre de 7. Ces travaux concernent par exemple le végétal en milieu urbain, la qualité visuelle mais également la valorisation/les fonctions des métabolites secondaires.

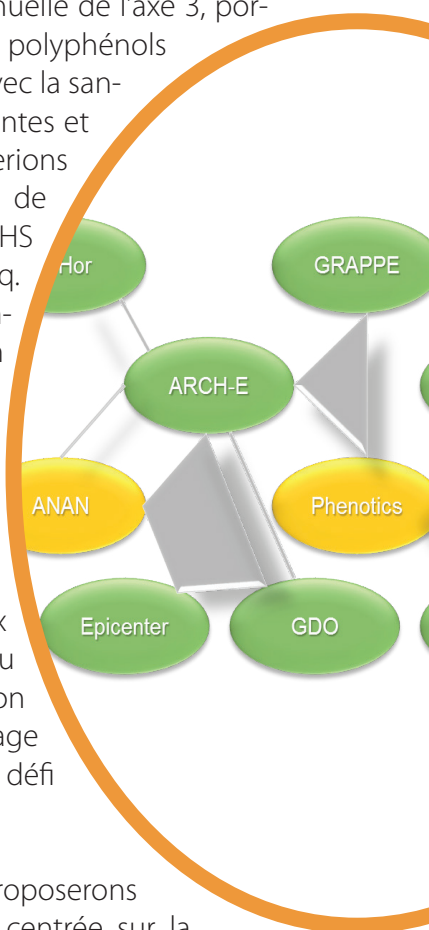
La dynamique autour du thème du végétal en milieu urbain autour duquel l'animation 2017 avait été proposée reste forte : deux projets ont été acceptés en 2018 (CliSeTiCS et GOSYRIS). Il serait également intéressant dans le futur que ce thème s'ouvre sur des questions davantage intégratives telle que les stratégies de développement de la plante, de sa réponse à la pression biotique dans un milieu « abiotiquement » contraignant. Ceci ouvrira des perspectives de collaborations avec les équipes de l'axe 1 de la SFR et permettra d'explorer d'autres services écosystémiques tels que la biodiversité, la réduction des intrants...

Par ailleurs, l'acceptation récente des deux projets 1/ ADEME ECLA [effet des films à photoconversion modulant la qualité du spectre solaire pouvant favoriser les traits agronomiques (rendement, qualité nutritionnelle, qualité sanitaire) des cultures sous abris tant au niveau du rendement que de la qualité] et 2/ le projet ANR LabCom MATCH (recherche de Méthodes Alternatives aux Traitements Chimiques sur Hortensia) illustre également cette dynamique collaborative entre les

équipes de l'axe 3, les plateaux techniques et les équipes des autres axes de la SFR.

A la suite de l'animation annuelle de l'axe 3, portant sur la valorisation des polyphénols dans les domaines en lien avec la santé humaine, la santé des plantes et l'agronomie, nous souhaiterions fédérer certaines équipes de l'axe 3 (IRHS éq. ARCH-E, IRHS éq. GDO, SONAS, IRHS éq. Flor) autour de l'identification et la caractérisation de l'effet des métabolites secondaires dans la maîtrise du développement de la plante (contrôle de la croissance des plantes pour remplacer certains intrants) et la réponse de la plante aux conditions contraignantes du milieu urbain. Cette réflexion pourrait conduire au montage d'un premier projet de type défi scientifique (starter, RFI).

Finalement, en 2019, nous proposerons une animation scientifique centrée sur la place de la bio-informatique / chemoinformatique / modélisation informatique dans le domaine de la qualité et de valorisation des productions végétales spécialisées. Il s'agira à la fois de faire un état des lieux de cette expertise dans la SFR afin de favoriser les interactions internes mais également d'enrichir les compétences de chacun par l'invitation d'experts nationaux et internationaux.





## Moyens techniques mutualisés

La SFR met en commun des outils et compétences autour 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.



### 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.



### 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 labellisée 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.

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.



### ANAN : ANALyses des Acides Nucléiques

#### Responsables et référents

##### Responsable scientifique :

- Sandrine Balzergue, Inra-IRHS, 42 rue George Morel, BP 60057, 49071 Beaucouzé  
Tel : 02 41 22 57 21 ; sandrine.balzergue@inra.fr

##### Responsable technique et opérationnelle :

- Muriel Bahut, Campus du Végétal, 42 rue George Morel, 49071 Beaucouzé  
Tel : 02 41 22 56 76 ; muriel.bahut@univ-angers.fr

##### Référents d'équipements :

- Sandrine Balzergue, Projets de séquençage MinION/MiSeq + Transcriptomique
- Béatrice Bonnet, Maintenance appareillages et métrologie
- Annie Chastellier, Robot de pipetage
- Laurence Hibrand - Saint Oyant, Projets de génotypage + Electrophorèse Capillaire
- Julien Jeauffre, qPCR
- David Lalanne, Bioanalyste
- Coralie Marais, Projets de séquençage Miseq
- Mélanie Sannier, Projet de développement de l'HIS et de la Microdissection Laser/RNaseq

#### 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.

Le plateau technique a pour but de :

- 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.
- Conseiller les équipes de la SFR sur les approches en génotypage, transcriptomique et séquençage afin de répondre au mieux à leurs questions biologiques.

Les outils disponibles sur le plateau recouvrent principalement trois axes d'études :

1. L'analyse de séquences ADN/cDNA avec l'utilisation d'un séquenceur Miseq (Illumina) et d'un séquenceur de 3ème génération MinION (Oxford nanopore),
2. L'analyse de l'expression des gènes par hybridation sur puce ADN avec l'utilisation d'un scanner Innopsys 3µm et de manière ciblée par utilisation de la qPCR couplée à l'utilisation d'un robot de pipetage,
3. Le génotypage avec l'utilisation de l'électrophorèse capillaire.

Le plateau ANAN offre également la possibilité aux utilisateurs de réaliser des contrôles qualités de leurs acides nucléiques avec l'utilisation d'outils dits « génériques » tels qu'un Qubit, deux Nanodrop, ou un Bioanalyzer...





## ANAN : ANALYSES des Acides Nucléiques

### Fonctionnement

L'accès aux équipements du plateau ANAN se fait selon 2 approches :

- Pour l'utilisation d'outils simples et d'usage quotidien (Nanodrop, Qubit, sonicateur...), les utilisateurs sont autonomes après avoir eu une démonstration du fonctionnement de l'appareil par le référent technique. Accès non environné à ces appareillages.
- Pour des projets de plus grande ampleur (séquençage, utilisation du robot de pipetage...) l'accompagnement des utilisateurs débute par une ou plusieurs discussions avec les responsables du plateau pour cerner le projet et évaluer les besoins techniques à mettre en œuvre. Lorsque le projet est finalisé, une « fiche projet » est remplie, indiquant la nature du projet, les outils utilisés et les équipes et personnes impliquées. La réalisation des expériences se fait avec l'accompagnement du responsable technique du plateau. Accès environné à ces appareillages.

Dans les 2 cas :

- La réservation des appareils se fait via un calendrier en ligne.
- Un cahier de suivi des appareils permet de noter les échantillons passés et les problèmes rencontrés.

### Principaux équipements

#### Equipements « génériques »

Qubit : dosage des acides nucléiques

Bioanalyseur (Agilent) : vérification de la taille et de la qualité des acides nucléiques purifiés (RNA totaux, RNAm, smallRNA) ou des banques de séquençage

Nanodrop (LabTech) : dosage des acides nucléiques

#### Equipements de Séquençage

Sonicateur M220 (Covaris) : fragmentation des acides nucléiques

MiSeq (Illumina) : séquençage haut-débit des acides nucléiques

Séquenceur MinION (Oxford Nanopore) : séquençage long read des ADN ou cDNA

#### Equipement d'analyse de l'expression des gènes

##### Par hybridation sur puce :

Station d'hybridation pour puces Agilent : préparation des échantillons et hybridation sur puces

Scanner 3µm pour puces (Innoscan, Labomix) : lecture du signal de fluorescence des ADNc marqués

##### Par PCR quantitative :

Robot Zéphyr (Perkin Elmer) : robot de pipetage pour la préparation des plaques 96 ou 384 puits (Extraction et purification des acides nucléiques, préparation des mix...)

qPCR384 BioRad : PCR en temps réel (format 384 puits) pour la validation fonctionnelle de gènes d'intérêts.

#### Equipements de Génotypage

Electrophorèse capillaire 3130-ABI (4 capillaires) permettant l'analyse de la taille de fragments d'ADN.

### Volume d'échantillons traités sur le plateau en 2018

#### Robot

Le robot de pipetage est utilisé selon des programmes écrits à façon. Il est majoritairement utilisé pour effectuer des extractions automatisées d'ADN, des purifications de produits PCR sur billes aimantées, ainsi que pour réaliser des plaques de qPCR à haut débit. En 2018, le robot de pipetage ainsi que la qPCR384 ont été fortement utilisés, au point d'avoir des périodes de saturation.

#### MiSeq

Par l'apport technique et scientifique de notre référent (Coralie Marais) sur les projets de séquençage d'amplicons, nous avons pu répondre à plusieurs projets d'étude de population de bactéries et de champignons pour différents environnements (pommes de terre, semences...). Le nombre de runs est donc en augmentation par rapport à 2017.

#### Bioanalyzer

Le bioanalyseur est de plus en plus utilisé en amont des expérimentations pour vérifier la qualité des ARN ou pour vérifier la qualité des banques de séquençage. 13 puces ont été réalisées en 2017 contre 75 en 2018.

#### Scanner à lames microarrays

Le scanner à puces pour les analyses de transcriptomique souffre de la concurrence des plateformes de séquençage qui offrent des services de RNAseq dont les coûts sont de plus en plus abordables. Pour autant, l'analyse des résultats pour les puces demeurent bien plus facile et rapide.

#### Electrophorèse capillaire

L'utilisation de l'électrophorèse capillaire reste stable d'une année sur l'autre avec 3254 échantillons en 2018 : elle est utilisée principalement pour des analyses de génotypage pour de petits projets ainsi que pour des espèces peu étudiées pour lesquelles le génome n'est pas encore connu.



## Faits marquants 2018

L'appel à projet technique 2018 de la SFR a permis de financer 2 projets dont le plateau ANAN est porteur :

- **Projet KASPoRo** : Le projet KASPoRo se propose de tester et de mettre en place la détection de SNP via la technique de KASPTM (Kompetitive Allele Specific PCR) qui permet de détecter à la fois des SNP mais aussi des insertions/délétions et ce sur le pommier et le rosier. Cette technique de PCR allèles spécifiques consiste à réaliser une PCR en présence de trois amorces (deux amorces Forward allèles spécifiques chacune marquée à l'aide d'un radical fluorescent FAM™ dye et HEX™ dye, et une amorce commune Reverse).
- **Projet BiSame** : Ce projet permettra au PTM ANAN de développer et proposer un service complet d'analyse des méthylations de l'ADN allant du traitement bisulfite jusqu'à l'analyse bioinformatique qui en découle. De plus, il permettra également de répondre à cette question biologique suivante : « Dans quelle mesure la méthylation de l'ADN intervient-elle dans la virulence de champignon phytopathogène comme *A. brassicicola*? »

L'achat, via le CPER 2017 complété par des fonds de la SFR et d'équipes de recherche, de 2 spectrophotomètres à microvolumes (Nanodrop, Ozyme).

Le plateau ANAN a réalisé un bilan « qualité » en février 2018. Celui-ci s'est effectué sur 2 jours par une auditrice interne à l'Inra. Cela nous a permis de mettre en avant nos points forts mais également de connaître et de soutenir nos points faibles.

Le plateau a organisé une journée d'animation le 21 juin 2018. Cette journée s'est faite sur inscriptions des participants et suivant une formule ludique « ANAN Games Day » avec un parcours « découverte » sous forme d'une enquête policière, un parcours « intermédiaire » sous forme d'un jeu de piste et un parcours « expert » sous forme d'une Escape Game. En tout, ce sont une vingtaine de participants qui ont découvert ou redécouvert le plateau.

## Fonctionnement du plateau en 2018

- Le plateau ANAN avait fait un appel à candidature en 2017 pour venir étoffer le groupe des référents techniques du plateau. Plusieurs personnes ont répondu présent et le plateau compte maintenant 8 référents équipements, maintenance et/ou projets. 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.
- Un Comité de pilotage qui réunit tous les 2 mois la direction de la SFR, la direction du PTM ANAN et éventuellement les référents du plateau ANAN si nécessaire. Comité décisionnel sur la gestion du plateau.
- Des réunions tous les 2 mois sont organisées avec l'équipe BDeFi (Bioinformatique) de l'Inra-IRHS pour répondre aux besoins d'informatique/ bioinformatique du plateau.
- Une réunion utilisateurs est organisée 2 fois par an.

Cette organisation mise en place depuis septembre 2017 a permis d'avoir un fonctionnement clair et efficace du plateau.





## ANAN : ANALYSES des Acides Nucléiques

### Principales valorisations 2018

#### Citation dans les remerciements de ces publications :

- Hibrand Saint-Oyant L, Ruttink T, Hamama L, Kirov I, Lakhwani D, Zhou NN, Bourke PM, Daccord N, Leus L, Schulz D, Van de Geest H, Hesselink T, Van Laere K, Debray K, Balzergue S, Thouroude T, Chastellier A, Jeauffre J, Voisine L, Gaillard S, Borm TJA, Arens P, Voorrips RE, Maliepaard C, Neu E, Linde M, Le Paslier MC, Bérard A, Bounon R, Clotault J, Choisine N, Quesneville H, Kawamura K, Aubourg S, Sakr S, Smulders MJM, Schijlen E, Bucher E, Debener T, De Riek J, Foucher F. 2018. A high-quality genome sequence of *Rosa chinensis* to elucidate ornamental traits. *Nat Plants* 4(7):473-484. doi: 10.1038/s41477-018-0166-1.
- Legeay M, Aubourg S, Renou JP, Duval B. 2018. Large-scale study of anti-sense regulation by differential network analysis. *BMC Syst Biol.* 2018 Nov 20;12(Suppl 5):95. doi: 10.1186/s12918-018-0613-7.
- Le Moigne MA, Guérin V, Furet PM, Billard V, Lebrec A, Spíchal L, Roman H, Citerne S, Morvan-Bertrand A, Limami A, Vian A, Lothier J. 2018. Asparagine and sugars are both required to sustain secondary axis elongation after bud outgrowth in *Rosa hybrida*. *J Plant Physiol.* 222:17-27. doi: 10.1016/j.jplph.2017.12.013.
- López MM, Lopez-Soriano P, Garita-Cambronero J, Beltrán C, Taghouti G, Portier P, Cubero J, Fischer-Le Saux M, Marco-Noales E. 2018. *Xanthomonas prunicola* sp. nov., a novel pathogen that affects nectarine (*Prunus persica* var. nectarina) trees. *Int J Syst Evol Microbiol.* 68:1857-1866. doi: 10.1099/ijsem.0.002743.
- Warneys R, Gaucher M, Robert P, Aligon S, Anton S, Aubourg S, Barthes N, Braud F, Cournol R, Gadenne C, Heintz C, Brisset MN, Degraeve A. 2018. Acibenzolar-S-Methyl Reprograms Apple Transcriptome Toward Resistance to Rosy Apple Aphid. *Front Plant Sci.* 12:1795. doi: 10.3389/fpls.2018.01795.

### Perspectives 2019

#### Techniques :

Demande de financement via le CPER 2018 de 3 équipements :

- Une qPCR 96 ou 384 puits
- Un broyeur à billes (plaques 96, tubes falcon, tubes 1.5ml...) notamment pour les tissus difficiles,
- Un BluePippin pour la sélection de taille de fragments d'ADN allant de 100bp à 50Kb, utile pour les banques NGS notamment.

Dans le but de mutualiser les achats d'équipements et les maintenances de certains appareils, le plateau ANAN poursuit ses contacts avec le plateau technique de l'UFR Sciences d'Angers. Des discussions ont notamment été engagées entre les directions des deux SFR Sciences et Médecine pour l'utilisation par la SFR Quasav de leur séquenceur NextSeq550 Illumina, qui permettra au plateau ANAN de proposer aux membres de la SFR de réaliser leurs analyses de RNAseq localement.

La mise en place d'une politique de maintenance/métronologie des équipements du plateau. La sauvegarde automatique et le nettoyage des programmes du robot de pipetage.

#### Accompagnement des utilisateurs en analyses de données :

- La formation de Coralie Marais et Muriel Bahut sur les analyses de données de séquençage d'amplicons issues des analyses Miseq permettra d'accompagner les utilisateurs sur l'ensemble de leur projet d'analyse de métagénomique.
- Le pipeline d'analyse transcriptomiques microarray mis à disposition par l'équipe BiDeFi de l'IRHS, permet l'accompagnement des utilisateurs jusqu'à la lecture des tableaux issus des primo-analyses.

#### Communication :

Une mise à jour complète du site web du plateau ANAN est prévue sur le site de la SFR QuaSav. Le plateau renouvellera sa journée d'animation sous le même format « ludique » qu'en 2018.



### IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

#### Responsables

- **Responsable scientifique :**

David Macherel, Prof. Université Angers (UMR IRHS-éq.SMS (Seedling establishment, Metabolism and Stress), david.macherel@univ-angers.fr

- **Responsable opérationnelle :**

Aurélia Rolland, Ing Et. Université Angers (UMR IRHS, PTM IMAC, Campus du Végétal), aurelia.rolland@univ-angers.fr

- **Responsable technique :**

Fabienne Simonneau, Tech. Inra (UMR IRHS, PTM IMAC, Campus du Végétal), 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. L'équipe du plateau IMAC apporte son expertise technique ainsi qu'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.

#### Fonctionnement

La SFR QUASAV a pour mission d'aider les plateaux à s'organiser (pilotage, communication vers les utilisateurs, demandes de postes) et à s'équiper (soutien aux demandes d'aides, participation au financement). Concernant le PTM IMAC, la SFR assure un soutien du fonctionnement en appuyant les achats de nouveaux matériels ainsi qu'en garantissant aux utilisateurs le bon fonctionnement des appareils du plateau (prise en charge des maintenances curatives suite à des pannes machines ou maintenances préventives). Le plateau 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 grille tarifaire pour les différentes prestations du plateau IMAC, qui a été établie avec l'appui de la SATT Ouest Valorisation, a été révisée en concertation avec les comités de pilotage et des utilisateurs en 2017, et appliquée dès janvier 2018 (Tableau 1). Les principales évolutions ont concerné : le microscope confocal, avec une tarification à la demi-journée plus adaptée, et la prise en compte de l'assistance technique et scientifique selon les projets ; Le mini-MEB, avec un tarif à la demi-journée et un tarif modulé en fonction du nombre d'entrée/sortie du support échantillon (nombre de chargements) et prise en compte du coût de chargement des échantillons. Cette étape demande une assistance car elle peut être source de pannes préjudiciables (immobilisation, coût).





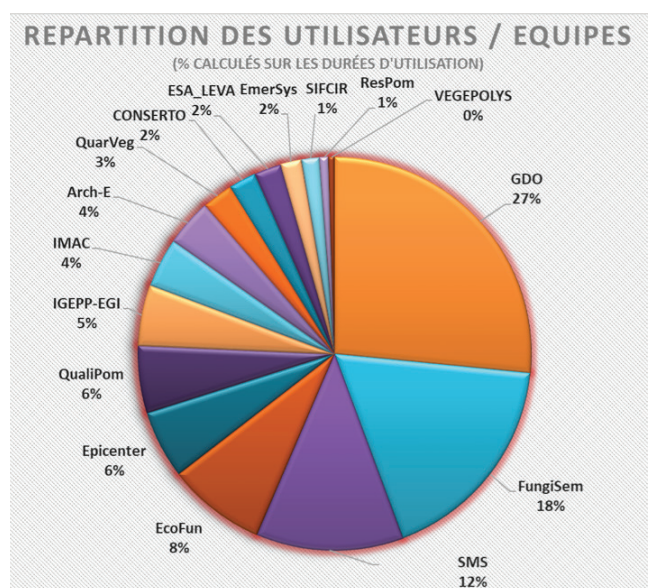
## Principaux équipements

### Équipement de microtomie :

- Vibratome Microm HM 650V : adapté pour des coupes de 10 à 50  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, sur des échantillons sans inclusion, études préliminaires, préparation pour microscopie confocale, préparations pour observation en «dark field», immunomarquage, histoenzymologie.
- Cryostat Leica CM3050 S-mot/tr : analyses extemporanées après enrobage, congélation et coupes jusqu'à 5 $\mu\text{m}$ . Préparation pour microscopie confocale, immunomarquage, histoenzymologie, étude des lipides...
- Microtome Leica RM2165 (automatique)
- Microtome Leica RM2265 (automatique)
- Microtomie classique (inclusion de l'échantillon en résine) technovit 7100), histologie (organisation des tissus, histochimie, coupes jusqu'à 1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur.

### Observations et analyses :

- Microscopie optique :
  - Loupe binoculaire OPTIKA SZN-3
  - Microscope Leica DM1000 : contraste de phase, camera, chaîne d'analyse d'image.
- Microscopie photonique (fluorescence) :
- Loupe binoculaire Olympus SZX16 : visible, fluorescence, chaîne d'analyse d'image.
- Microscope Olympus BH2 : contraste de phase, contraste interférentiel de Nomarski fluorescence (filtres GFP, DAPI, Rhodamine), camera, chaîne d'analyse d'image.
- Microscope ZEISS Axio Imager Z2 à hautes performances, épifluorescence.
- Microscope confocal à balayage laser Nikon A1 : détection classique et spectrale.
- Microscope électronique à balayage Phenom : détection des électrons rétrodiffusés, observation extemporanées.



Représentation des équipes de recherche utilisatrices des équipements présents sur le PT IMAC en 2018

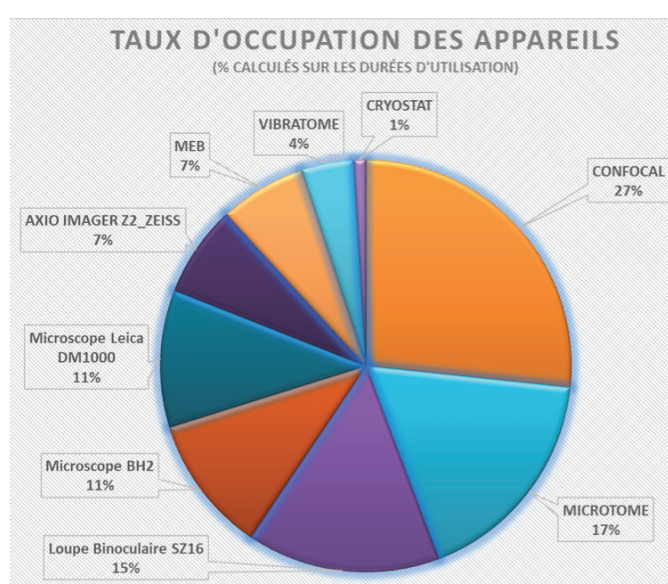
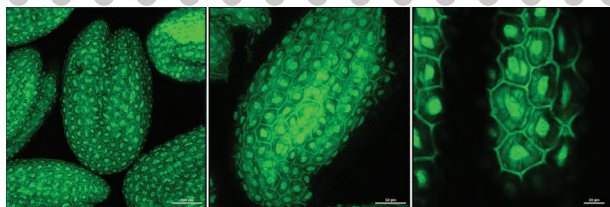


Illustration du taux d'occupation des appareils sur le PT IMAC en 2018

## IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Figure Imagerie  
de fluorescence de  
graines sèches d'*Ara-  
bidopsis thaliana*  
(GFP)



### Faits marquants 2018

#### Principaux Projets :

L'activité du plateau peut être évaluée en considérant le nombre de projets d'imagerie cellulaire déposé par les chercheurs de la communauté scientifique végétale angevine et de ses partenaires. Au cours de l'année 2018, 41 projets ont été initiés ou poursuivis sur le plateau IMAC. Parmi ces 41 projets, 14 sont en lien avec des sujets de thèse.

#### Partage de savoir-faire et de connaissances

- Visite de la Maison de la Recherche du Campus du Végétal et deux plateaux techniques de la SFR QUASAV IMAC et ANAN par le Recteur d'Académie de Nantes, M. William Marois, et des membres de la gouvernance universitaire, le président de l'Université d'Angers, M. Christian Roblédo et des Vice-Présidents dont Philippe Simoneau (VP Recherche) le 29/11/2018.
- Accueil d'une stagiaire : Sara Ali Slimane a rejoint l'équipe GDO de l'IRHS et a été formée et accueillie sur le plateau IMAC du 23/04/2018 au 23/07/2018. Etudiante en M1 du master en biologie végétale de Poitiers, son stage d'une durée de 3 mois, a contribué à l'avancée de l'étude histologique du processus de multiplication de plantes ornementales panachées (*Phormium*, *Yucca*, *Cordylone*) dans le cadre de la thèse d'Alexandre Rouinsard. Les étapes de fixation, d'inclusions, de coupes au microtome et de colorations (réactif de Schiff Naphthol Blue Black, bleu de toluidine) ont été réalisées sur trois cultivars de yucca, de cordylone et de phormium, multipliés sur trois milieux de culture différents.
- Dans le cadre d'un nouveau module de M1 pathologie approfondie porté par Thomas Guillemette et Tristan Boureau, ce TP permet aux étudiants de réaliser une expérience d'expression transitoire sur feuille de tabac afin de suivre la localisation de protéines exprimées au niveau cellulaire. Chrystelle Brin a réalisé les colorations au DAPI, et l'équipe IMAC a encadré les étudiants lors de leurs observations en microscopie à épifluorescence au BH2.
- Dans le cadre d'un nouveau module de M1 (Biologie Cellulaire et Biotechnologie), les étudiants ont réalisé des transformations de protoplastes de feuilles d'*Arabidopsis* pour observer au microscope confocal des marquages de compartiments cellulaires (chloroplaste, mitochondrie, réticulum endoplasmique).
- Dans le cadre d'un nouveau module de licence (Biologie Cellulaire Approfondie), le plateau IMAC a accueilli sur 4 jours des étudiants de la licence 3 Sciences des Productions Végétales. Neuf groupes de 3 étudiants encadrés par D. Macherel (IRHS éq.SMS/IMAC) ont réalisé des observations en microscopie à épifluorescence au Microscope AXIO IMAGER Z2-ZEISS.
- Le plateau IMAC a accueilli trois étudiantes de L2 du parcours CMI Biologie Systémique du Végétal pour une immersion pendant 2 jours, les 24 et 25 mai 2018. Cette visite s'inscrit dans le cadre de leur formation sous forme de stage découverte des plateaux techniques de la SFR QUASAV. Les étudiantes ont été évaluées sur la base d'une présentation à l'aide d'un diaporama de chaque plateau visité (note commune). Après visite du plateau IMAC et une présentation des activités et du fonctionnement général, le plateau IMAC a proposé la découverte du microscope confocal à balayage laser sur une après-midi à travers l'imagerie de fluorescence de graines d'*Arabidopsis thaliana*-GFP. Le deuxième jour, aura permis d'aborder la microscopie électronique à balayage (MEB PHENOM), et de réaliser des images de surfaces foliaires (*Arabidopsis thaliana* âgé de 5 semaines et *Brassica oleracea* âgé de 6 semaines) contaminées par *Alternaria brassicicola*. Nous remercions Justine Colou (2<sup>ème</sup> année de thèse) et Ophélie Dubreu (Master 2) de l'équipe FUNGISEM de l'IRHS, pour leurs matériels biologiques. En parallèle les étudiantes auront découvert le microtome (réalisation de coupes de tissus inclus en résine (pédoncules, feuilles, fruits de pommier), de la coloration au Bleu de Toluidine, ainsi que les observations et prises d'image au microscope à fond clair Leica DM1000. La fin de cet atelier c'est soldé par la sauvegarde des images acquises et par des discussions sur leur retour d'expérience.
- Visite du plateau IMAC pour des étudiants de 1<sup>ère</sup> STL du Lycée Jean Moulin, accompagnés par M. Philippe Guerif (20/02/2018).
- Visite du plateau IMAC pour l'équipe PAIGE de l'IRHS le 10/09/2018. Cette visite spéciale « équipe administrative » a eu lieu en septembre, avec l'objectif de faire connaître l'équipe IMAC, de nous localiser et de comprendre, dans les grandes lignes, les activités et les missions plateau.

## IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

### Animation scientifique autour du plateau en 2018

Le PT IMAC a proposé une animation intitulée «Quoi de neuf à IMAC ? Laissez-vous conter quatre retours d'expériences conduites sur le plateau IMAC, en replaçant les images dans leurs contextes scientifiques.»

Cette animation (une heure de présentation-discussion) s'est tenue le 10 avril 2018, et s'est déroulée de la manière suivante :

- Introduction (Aurélia Roland : point sur IMAC, présentation des intervenants), 10 min
- Présentation de résultats d'imagerie par quatre utilisateurs (10 min + 5 min questions), 45 min
- Conclusion (David Macherel), 5 min.

L'intérêt fut manifeste, car cette animation a attisé la curiosité de vingt-sept participants.

### Partenariat avec le Service commun d'imageries et d'analyses microscopiques (SCIAM)

Collaboration dynamique, partenariat renforcé : L'année 2018, sera marquée par un partenariat renforcé et particulièrement actif en terme de nombre d'utilisateur de l'IRHS, ayant eu des besoins d'observation de l'ultrastructure d'échantillons végétaux et fongiques inclus en résine époxy et coupés (60 nm) par microscopie électronique à transmission (M.E.T. JEOL JEM 1400 (Caractéristiques : Tension d'accélération : 40 à 120 kV, Grandissement 50 à 1 200 000, Résolution : 0,2 nm, acquis en 2010).

La prise en charge par la SFR QUASAV d'un abonnement annuel à 10 demi-journées d'observation au M.E.T (500 €) permet ainsi un accès privilégié et facilité pour des analyses de type MET pour les chercheurs de la SFR QUASAV. Ce tarif comprend la préparation des échantillons et leur inclusion en résine classique, les coupes fines et ultrafines (couteaux verre et/ou diamant fournis), la prise de photos numériques et leur transfert. Le plateau IMAC propose de réaliser les étapes de fixation, pour faciliter le transport d'échantillons. L'abonnement est reconduit tous les ans, ce qui contribue également au renforcement des liens et des échanges et à maintenir une dynamique collaborative entre les SFR ICAT et QUASAV.

Plus particulièrement, toutes les séances de l'abonnement 2018 ont été utilisées, et le contrat 2019 est déjà partiellement consommé !

### MEB

Depuis sa remise en route en février 2017, le microscope électronique de table Phenom G2 pro a bénéficié cette année d'une maintenance (le 16 novembre 2010) par la société France scientifique qui distribue désormais la gamme Phenom. Le coût de cette maintenance s'est élevée à 2 300 € HT, et a nécessité le changement de la carte PC et du disque dur du Phenom (carte IXT et PicoPsu). Grace au dépoussiérage du système complet et de la vérification de l'étanchéité du vide, on observe une très nette amélioration de la résolution des images. Les fonds de la SFR ont également permis l'acquisition d'un onduleur (Onduleur APC Back-UPS 650VA, 230V\_DELL), destiné à pallier les coupures de courant et à stabiliser la tension électrique en éliminant les parasites électriques, qui peuvent être dommageable sur le système MEB en fonctionnement.

Depuis, cet appareil est parfaitement fonctionnel et s'avère très sollicité par les chercheurs. Le plateau organisera cette année avec la société France scientifique une journée de démonstration/manipulation sur notre appareil et sur un nouvel appareil pouvant venir enrichir la gamme (de 5ème génération).

### Microtomie

Tous les ans, les microtomes automatiques RM2165 et RM2265 sont vérifiés par la compagnie LEICA (1 178 € HT), afin que nous puissions garantir aux utilisateurs, une précision de coupe constante et homogène ainsi qu'une fiabilité irréprochable de la coupe grâce à la motorisation. Le vibratome HM 650V a également bénéficié cette année d'une maintenance au sein des locaux de Microm Microtech.





## IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

### Microscopie

Les 5 loupes/microscopes ont disposé d'une révision sur site par la société ScopPro. Cette année la dotation SFR a rendu possible le remplacement de la crémaillère (mouvements macro/micrométriques) ainsi que l'objectif 20X (160mm S PLAN NH Olympus, 880 € HT), qui étaient très usagés sur le microscope Olympus BH2.

Depuis septembre 2018, les objectifs X40 et X60 du microscope confocal sont revenus de réparation. Ils étaient endommagés depuis 2016 et leur absence pénalisait l'utilisation de cet équipement phare du plateau IMAC. Leur réparation a été possible grâce à la participation du fond d'intervention de l'Université d'Angers à hauteur de 50% du montant de la réparation. Le devis s'élevait à 6 048 € TTC.

### D'un point de vue organisationnel

L'équipe du plateau IMAC a mutualisé le bureau 1.92 avec le plateau ANAN (ancien bureau du responsable IMAC). Cet espace devient une nouvelle salle de réunion plateau commune et exclusivement réservée aux PT IMAC et ANAN. De plus, cette pièce propose dorénavant deux stations de travail délocalisé avec les logiciels (en licences déportées) à disposition pour les utilisateurs, pour réaliser des analyses d'images en post acquisition pour IMAC, et les analyses de séquences pour ANAN. Ainsi IMAC s'est doté cette année d'une nouvelle tour de PC DELL performante pouvant supporter plusieurs logiciels d'analyse d'images gourmands en ressources (Pour IMAC, logiciels disponibles : NIS-Elements\_NIKON , ZEN\_ZEISS , Image J\_Photoshop).

### Principales valorisations 2018

En 2018, le plateau IMAC a été remercié dans les publications suivantes :

- Avelange-Macherel, M.-H., Candat, A., Neveu, M., Tolleter, D., Macherel, D. (2018). Decoding the divergent subcellular location of two highly similar paralogous LEA proteins. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (6), 1620. , DOI : 10.3390/ijms19061620
- Darrasse, A., Barret, M., Cesbron, S., Compant, S., Jacques, M. A. (2018). Niches and routes of transmission of *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* to bean seeds. *Plant and Soil*, 422 (1-2), 115-128. , DOI : 10.1007/s11104-017-3329-3.

### Valorisation sous forme d'animations

#### IMAC en image

En janvier 2018, Antoine Bourget, adjoint à la directrice de la Direction de la Recherche, de l'Innovation et des Études Doctorales (DRIED), nous a fait part de leur projet d'aménagement d'un couloir de la DRIED. Dorénavant, six photos transmises par IMAC, sont encadrées en 40x50 dans leur structure. Les images encadrées sont légendées IMAC – SFR QUASAV - IRHS - équipe – Auteur - Titre. Nous les remercions de nous avoir sollicités, et de permettre à travers ces images un accès à la science à un plus grand nombre. Ces images reflètent le fruit de notre travail et de la collaboration entre les équipes de recherches et le plateau IMAC. L'affichage de celles-ci met en avant les utilisateurs du plateau d'imagerie.



## Perspectives 2019

### Animation scientifique envisagée en 2019 : « Atelier collaboratif : Tous autour du MEB »

Cette année, le plateau souhaiterait proposer une animation sous la forme d'un mini workshop autour du MEB sur une demi-journée, la date est encore à définir (période mai-juin 2019), qui s'adresserait à toute la communauté SFR QUASAV. Le format envisagé se déroulerait en 2 parties, en ciblant le périmètre SFR. Une fin de matinée pourrait être sous la forme d'une séquence de courtes présentations pendant 1h à 1h30, avec une partie théorique conduite par un spécialiste invité de chez Phenom ainsi que des retours d'expériences conduites sur le plateau IMAC, en replaçant les images réalisées par des utilisateurs dans leurs contextes scientifiques. L'après-midi serait dédiée à une partie découverte, démonstration et mise en pratique sur le MEB présent à IMAC (Phenom pro G2 Version 2.X) et pourquoi pas sur de nouveaux systèmes de 5ème génération, avec des manipulations sous la forme d'ateliers pratiques avec des passages d'échantillons issus de thématiques de recherche pratiquées au sein de la SFR QUASAV. Ce workshop permettra aux chercheurs et utilisateurs d'approcher plus facilement les experts et spécialistes du domaine et de leur poser des questions plus directement. Une participation active à cet atelier est espérée pour rassembler des idées, pour approfondir ses connaissances et connaître toutes les possibilités offertes par le MEB présent sur IMAC, et faire de belles étincelles !

### Déplacement de l'Axiio IMAGER Z2 ZEISS

En 2019, l'Axiio IMAGER Z2 de ZEISS actuellement localisé au R+2 (labo microscopie 2.50), devrait rejoindre l'ensemble des équipements gérés par le plateau IMAC. Son positionnement, est encore en cours de réflexion, avec des possibilités dans la pièce du MEB ou du microscope confocal. Ainsi l'ensemble des outils seront regroupés en un même lieu pour une gestion simplifiée et une configuration plus cohérente.

### Acquisition d'un nouvel équipement

Acquisition du macroscopie de fluorescence, financé dans le cadre de la campagne d'équipement lourd 2018, CPER PHENOTIC2. Il s'agit d'un stéréo-microscope ou d'un macroscopie en fluorescence avec capacité de reconstruction des images en 3D, ce qui permettra de compléter avantageusement l'offre de bioimagerie d'IMAC. Un tel système permettra d'acquérir des images in vivo de très haute qualité à partir de matériels très variés : plantules, racines, feuilles, bourgeons, graines, cals, insectes... la demande concernant cet équipement a été jointe à une demande d'ensemble d'équipements d'imagerie pour le phénotypage.

### Implication du plateau IMAC dans des projets

La SFR consacre cette année une enveloppe totale de 20 000 euros pour des projets internes impliquant les plateaux techniques et les plateformes. Cette année, le projet MICROLAB, porté par Tristan Boureau (IRHS-éq.EMERSYS), financé à hauteur de 4 700 euros, se situe à l'interface avec l'enseignement et favorisera le développement d'une technologie sur le plateau IMAC par des étudiants et le personnel du plateau mais aussi sur COMIC et PHENOTIC.

Les étudiants de Master 1 BV (module de pathologie approfondie) et de master 2 BV (parcours gestion de la santé des plantes, module ateliers expérimentaux) seront très fortement impliqués dans 3 ateliers expérimentaux dont la caractérisation d'effecteurs bactériens impliqués dans le pouvoir pathogène sur plante, sur le plateau IMAC. La localisation sub-cellulaire d'effecteurs constitue un élément important dans la compréhension de son rôle dans l'interaction entre bactérie et plante. L'objectif pour IMAC sera de disposer de marqueurs de localisation cellulaires (décrits par Candat et al, 2013) clonés dans des vecteurs permettant l'expression transitoire via *Agrobacterium tumefaciens*.

Dans le cadre de l'AAP interne de la Commission Recherche 2019 (Université d'Angers), (avril 2019-avril 2021) Le projet SynPuce porté par Caroline DESHAYES (SiFCIR), vise à optimiser l'efficacité d'un insecticide par nano-encapsulation d'un agent synergisant (la deltaméthrine) pour lutter contre les ravageurs de culture. La stratégie proposée est de réduire les doses d'insecticides en optimisant leur efficacité et limiter l'émergence d'insectes résistants. Le suivi in vivo des nanocapsules lipidiques (NCLs) fluorescentes sur des coupes de larves de pucerons sera réalisé par microscopie à épifluorescences ou confocale sur le plateau IMAC, en collaboration. Le financement demandé s'élève à 28 000 €, dont 3000 € sont prévus pour les prestations sur IMAC.

### Communication

Nous prévoyons une mise à jour complète du site web du plateau IMAC sur le site de la SFR QuaSav et de l'IRHS. Les équipes pourront également y retrouver divers documents.

### Qualité/prévention

L'Université d'Angers encourage le plateau IMAC à s'engager dès 2019, dans une mise à jour de sa démarche de maîtrise des risques (identification des dangers, évaluation des risques qui ne peuvent être évités, réduction de ces risques et enfin, réévaluation périodique du risque résiduel), travail déjà initié par les responsables précédents du plateau. Ces démarches sont facilitées par l'Outil de Pilotage de la Prévention à l'Inra (OPPI), et nous sommes accompagnées par Valérie Molinéro et Muriel Bahut (Agent chargé de la Prévention-Université d'Angers), qui sont un soutien précieux dans cette mise en œuvre, déjà bien implantée dans notre unité. Le document unique transcrivant les résultats de l'évaluation des risques est strictement obligatoire dans toutes les unités et sous la responsabilité du directeur.

### Réflexion sur la sauvegarde des données images

Les disques durs des différents ordinateurs reliés aux équipements d'acquisition d'images arrivent à saturation, il serait judicieux de réfléchir à une politique de gestion et de sauvegarde des données. Pour une solution à court terme, nous prévoyons d'effectuer des sauvegardes sur des disques durs externes pour libérer rapidement de l'espace de stockage, et ensuite de contacter les informaticiens pour connaître les possibilités d'espace sur des serveurs.

### COMIC : Collections de micro-organismes

#### Responsable

**Perrine Portier** : IRHS, équipe Emersys, CIRM-CFBP

#### Introduction

Le Plateau COMIC a comme objectif de permettre aux membres de la SFR de 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 (souches ou d'échantillons)
- un service de conservation de double de collection à -80°C ou dans l'azote liquide
- un service d'accompagnement pour l'amélioration de la qualité de la conservation
- un service de phénotypage des microorganismes basé sur la technologie Biolog, sous forme de prestation ou d'accompagnement à l'utilisation d'un appareil Omnilog.

Ce plateau technique COMIC est lié au CIRM-CFBP qui est un Centre de Ressources Biologique, certifié ISO 9001, ayant les labels IBISA et CNOC. Le CIRM, réseau Inra de 5 collections de microorganismes, constitue le pilier microorganismes du CRB RARe (Ressources Agronomiques pour la Recherche), qui a été labellisé « infrastructure de recherche » par l'Inra en 2018.

Les missions du CIRM-CFBP sont de :

- 1 : préserver la biodiversité des bactéries associées aux plantes, et les informations qui y sont associées,
- 2 : rendre ces ressources disponibles pour la communauté scientifique internationale
- 3 : valoriser ces ressources.

Dans l'objectif de remplir ces missions, le CIRM-CFBP assure l'acquisition, la conservation et la distribution de souches bactériennes pathogènes ou associées aux plantes.

Le catalogue de la collection, ainsi que des informations pratiques sont disponibles sur le site internet de la collection : <http://www6.inra.fr/cirm/CFBP-Bacteries-associees-aux-Plantes>.

Les souches sont distribuées à la communauté scientifique internationale à des fins de recherche, enseignement et développement.

Le personnel de la collection est constitué de 10 personnes de l'UMR IRHS consacrant un pourcentage plus ou moins important de leur temps de travail à la collection, représentant au total 3,7 ETP. Ces personnels assurent aussi le fonctionnement de COMIC.

#### Infrastructures et équipements

Le CIRM-CFBP dispose d'un laboratoire de bactériologie agréé pour la détention et la manipulation d'organismes de quarantaine (ONQ) et d'organismes génétiquement modifiés (OGM). Ce matériel est mis à la disposition de COMIC.

Ce laboratoire est équipé de :

- un poste de sécurité microbiologique de type II
- un lyophilisateur
- une chambre froide 14°C pour le stockage des lyophilisats
- Un congélateur -80°C

- un logiciel dédié pour la gestion de collections de micro-organismes
- un local dédié à la cryoconservation, sécurisé selon les normes préconisées par l'AFSSET (financement AIP bioressources 2009)
- 4 cryoconservateurs dont 2 réservés pour COMIC (un pour les bactéries et un pour les champignons)
- un logiciel d'analyse et de gestion de données moléculaires (BioNumerics)
- Depuis 2017 : appareil Omnilog qui permet le phénotypage haut-débit de microorganismes (financement CPER)





## Activités en 2018

- Conservation de doublons de collection pour les équipes FungiSem (congélateur -80°C / Azote liquide) et Ecofun (Azote liquide) de l'IRHS
- Une prestation de lyophilisation pour l'équipe Qualipom de l'IRHS
- En 2018, l'activité de phénotypage du métabolisme microbien avec l'équipement Omnilog acquis en 2017 a réellement démarré. L'omnilog a été utilisé pour 6 projets visant à étudier le métabolisme de *Xylella* (Projet XF-ACTORS, IRHS-éq.EMERSYS), les capacités métaboliques des microbiotes (dans le cadre du projet VegLab, cf ci-dessous), taxonomie des *Pectobacterium* (dans le cadre d'une collaboration avec l'iEES, Paris), la taxonomie des *Xanthomonas gardneri* et *cynarae*, phénotyper des souches de *Xanthomonas hortorum* pv *vitians* (dans le cadre de la thèse de L. Morinière, LEM, Lyon), et phénotyper des bactéries issues de microbiotes de semences dans le cadre du projet ANR JCJC SEEDS (M. Barret, IRHS-éq.Emersys).

## Projet Microlab

En 2018, en réponse à l'appel d'offre SFR, le plateau COMIC a participé au projet Microlab. Ce projet a pour but de proposer des petits projets scientifiques à des étudiants L3-M2 dans le domaine de la microbiologie, pour allier découverte des laboratoires et de la recherche et permettre aux équipes de recherche d'avancer sur des sujets d'intérêt. Ce projet propose 4 modules complémentaires, dont deux qui concernent le plateau COMIC.

- Module « isolement de microorganismes associés aux brassicacées sauvages » : L'objectif est de mener une campagne d'isolement des microorganismes associés aux plantes sauvages de la famille des brassicacées. Ceci permettra d'avoir une base de référence pour mieux connaître la flore associée à ces plantes en dehors d'un contexte de pathologie. Ce module sera répété plusieurs années de suite, permettant en plus d'avoir un suivi au cours du temps. Après identification des souches par séquençage 16S (bactéries) ou ITS (champignons) ces souches seront conservées dans la collection COMIC.
- Module « conservation des microbiotes » : Le CIRM-CFBP et COMIC souhaitent élargir ses activités à la conservation des communautés bactériennes associées aux plantes. Cependant, si on sait que la conservation aura un impact sur la composition et les capacités métaboliques de ces microbiotes, aujourd'hui il n'y a pas de données disponibles permettant de quantifier ces biais. L'objectif de ce module est de mesurer les capacités métaboliques (en utilisant la technique Biolog et l'Omnilog) de microbiotes avant mise en conservation la première année du projet et après conservation la deuxième année du projet.

Ce projet a été évalué très positivement et a été financé à hauteur de 4700 euros. La première partie du module « conservation des microbiotes » a été mise en œuvre à l'automne 2018.

## Conservation des microbiotes, projet Veg-Lab

Dans le cadre du M2 biologie végétale de l'université d'Angers, nous avons proposé un sujet de recherche correspondant à la première partie du module « conservation des microbiotes » du projet Microlab. Un groupe de 5 étudiants est venu 2 après-midis par semaines pendant 8 semaines pour mettre en œuvre ce projet. Ce travail a permis de préciser les protocoles d'analyse en Omnilog de microbiotes issus de semences de radis, d'obtenir des résultats d'analyses des capacités métaboliques et de mettre en conservation (lyophilisation, congélation à -80°C, congélation en azote liquide) une communauté artificielle (mélange de 4 souches) et des microbiotes naturels. Le principal résultat de la première partie de ce projet a été la mise en place des protocoles et du mode opératoire. La mise en œuvre de la deuxième partie du projet, et l'obtention des résultats aura lieu à l'automne 2019.

**PHYTO : Analyses Phytochimiques  
et Métabolites Secondaires****Responsables**

- David Guilet, SONAS
- Dimitri Bréard, SONAS, Ingénieur d'étude à mi-temps sur la PIAM-PHYTO

**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 la PIAM-PHYTO 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, la PIAM-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. La PIAM-PHYTO a reçu la labellisation BiogenOuest en janvier 2014 et participe dans ce cadre au comité de pilotage du réseau Corsaire.

**Caractéristiques des principaux équipements****Principaux équipements dédiés à la préparation d'échantillon**

- Lyophilisateur (plateaux & ballons)
- Extracteur par solvant sous pression (PLE)
- Extracteur à ultrasons

**Principaux équipements dédiés à la chromatographie**

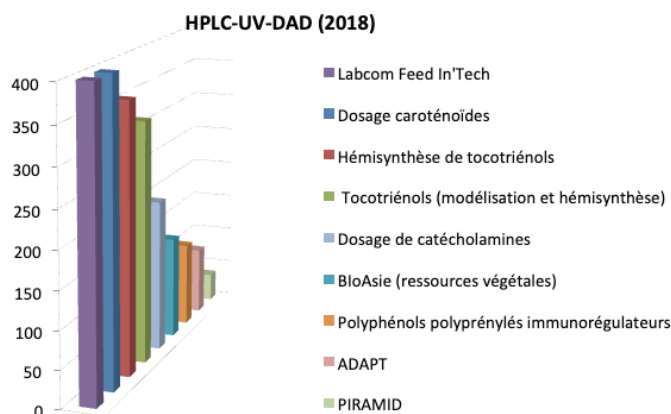
- Chromatographie analytique : CLHP-UV-DAD, CLUHP-MS/MS, CLHP-MSn, CLHP-Fluorescence, CG-MS, CLHP-DAD-DEDL
- Chromatographie préparative : Flash CL, CPC

**Principaux équipements dédiés à l'identification structurale**

- Spectromètres de RMN 400 MHz (campus végétal) et 300 et 500 MHz (PIAM),
- Spectromètres de masse Maldi-tof et haute résolution B/E JMS 700

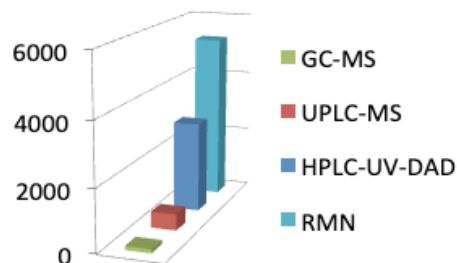
# PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

## Bilan de l'activité 2018

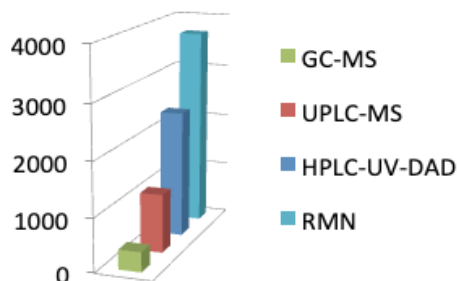


Nombre d'échantillons en 2018 sur HPLC-UV-DAD par projets (résultats sur les projets utilisateurs principaux). Total 2018 : 2891, total 2017 : 2369, total 2016 : 2026, total 2015 : 2950.

## Équipements analytiques (2018)



## Équipements analytiques (2017)



Répartitions des travaux analytiques par équipement (2018 et rappel 2017)

## Principaux projets utilisateurs du PT Phyto sur l'année 2018

| Thème                                      | Équipe             | Besoin          |
|--------------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Hémisynthèses in silico-guidées 5-LO/MPGES | SONAS              | Hémisynthèse    |
| Hémisynthèse de tocotriénols               | SONAS              | Hémisynthèse    |
| Labcom Feed In'Tech                        | Labcom FIT         | Analyse         |
| Dosage caroténoïdes                        | Quarveg            | Quantification  |
| Polyphénols polyprénylés immunorégulateurs | SONAS              | Caractérisation |
| ADAPT                                      | SONAS              | Synthèse        |
| Mycolactone/modèle murin                   | SONAS/ ATOMycA     | Quantification  |
| PIRAMID                                    | SONAS/ CEISAM      | Synthèse        |
| PREMMi                                     | SONAS/BNMI         | Hémisynthèse    |
| BloAsie (ressources végétales)             | Univ. Kuala Lumpur | Caractérisation |
| Développement MALDI                        | SONAS              | Analyse         |
| Dosage de catécholamines                   | BNMI               | Quantification  |

## Faits marquants et perspectives

Animation de la PIAM-PHYTO le 17 mai 2018

### Valorisations

- Bréard, G. Viault, M.C. Mezier, S. Pagie, A. Bruguère, P. Richomme, B. Charreau, S. Derbré, Additional Insights into Hypericum perforatum Content: Isolation, Total Synthesis, and Absolute Configuration of Hyperbiphenyls A and B from Immunomodulatory Root Extracts, Journal of Natural Products, 2018, 81, 1850-1859.
- Pein H., A. Ville, S. Pace, V. Temml, U. Garscha, M. Raasch, K. Alsabil, G. Viault, C.-P. Dinh, D. Guilet, F. Troisi, K. Neukirch, S. Koenig, R. Bilancia, B. Waltenberger, H. Stuppner, M. Wallert, S. Lorkowski, C. Weinigel, S. Rummler, M. Birringer, F. Roviezzo, L. Sautebin, J.-J. Helesbeux, D. Seraphin, A. Mosig, D.S. Schuster, A. Rossi, P. Richomme, O. Werz, A.Koeberle, Endogenous metabolites of vitamin E limit inflammation by targeting 5-lipoxygenase Nature Communications, 2018, 9 (1) 1-17.
- Seraphin D., D. Guilet, Schinkovitz, P. Richomme, M. Dias, E. Levillain, A. Jaber, Matrix for specific detection of alkaloids by MALDI-TOF mass spectrometry, PCT Int. Appl., 2018, WO 2018189484

### Perspectives 2019

Acquisition souhaitée de 2 équipements : une Maldi-TOF et un Spectromètre de masse avec trappe ionique (Labcom Feed In Tech).



## PLATEFORME



### Responsables

- **Directeur** : Tristan Boureau (Université d'Angers)
- **Directeurs adjoints** : Etienne Belin (Laris), Rémi Gardet (Agrocampus Ouest) et Didier Demilly (Geves).

### Introduction

La plateforme Phenotic propose un service de production de plantes pour le phénotypage végétal, à deux échelles distinctes : semence et plante entière (ou partie). Afin d'effectuer un phénotypage à moyen et/ou haut-débit, la plate-forme rassemble des outils basés sur l'acquisition et le traitement d'images.

- **Échelle semence** : les outils destinés au phénotypage semences sont principalement hébergés à la Snes-Geves. L'offre est centrée sur les semences et plantules et vise à obtenir des paramètres phénotypiques caractérisant la qualité des semences.
- **Échelle plante** : les outils destinés au phénotypage des plantes entières ou partie sont principalement hébergés sur le site du campus du Végétal, dans le complexe de serres S0 et S2. Cette offre 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.

La plate-forme Phenotic est adossée à l'équipe de recherche ImHorPhen (Imagerie pour l'Horticulture et le Phénotypage) qui assure une mission de R&D au bénéfice de la plate-forme, notamment via la conception de prototypes et de pipelines d'analyse pour le traitement des données de phénotypage.

**PHENOTIC**  
SEMENCES & PLANTES

### Fonctionnement

La plateforme Phenotic est adossée à l'UMR IRHS, dans le cadre d'une articulation avec la SFR Quasav. L'Inra est désigné comme établissement coordonnateur (DGG Inra). La Snes-Geves a une délégation de gestion financière pour l'offre de phénotypage à l'échelle des semences.

L'ensemble des dispositions d'organisation et de gestion de l'activité courante est défini dans le règlement intérieur de la plateforme. Ce document identifie notamment les modalités applicables pour arbitrer et planifier les projets scientifiques impliquant la plateforme. Le règlement intérieur peut mettre en place, en fonction des besoins, tout type de comité pour la plateforme ou propre à une composante.



## Principaux équipements

| Équipement                                                            | Année                           | Champ d'utilisation                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Banc Multicam (non OGM)                                             | 2018<br>En cours de réalisation | Caractérisation de l'imbibition, de la germination et du début d'allongement                                         |
| Module climatique d'accueil des outils : Phenobean & banc Multicam    | 2018<br>En cours de réalisation | Culture plantes / conditions contrôlées éclairage                                                                    |
| 1 Robot Phenobean                                                     | 2018<br>En cours de réalisation | Mesure de la croissance et d'interaction hôtes-pathogènes sur arabette et plante d'architecture plus complexe.       |
| 1 Banc Multicam OGM                                                   | 2018<br>En cours de réalisation | Caractérisation de l'imbibition, de la germination et du début d'allongement                                         |
| Modules clim. + LED + capteurs sans fil                               | 2017                            | Culture plantes / conditions contrôlées éclairage                                                                    |
| Imagerie de forme (light curtains, caméra ToF, bras articulé Staubli) | 2017                            | Mesure des paramètres architecturaux                                                                                 |
| Imageur fluo « grande plante »                                        | 2017                            | Mesure différents paramètres d'efficacité des systèmes chlorophylliens                                               |
| 4 bancs Multicam                                                      | 2010-16                         | Caractérisation de l'imbibition, de la germination et du début d'allongement                                         |
| Eloncam                                                               | 2015                            | Caractérisation de la croissance des jeunes plantules                                                                |
| Vidéomètre                                                            | 2014                            | Caractérisation multi spectrale des semences                                                                         |
| Imageur fluo. + caisson                                               | 2014                            | Mesure différents paramètres d'efficacité des systèmes chlorophylliens                                               |
| Tomographe rayons X                                                   | 2013                            | Caractérisation 3D de la structure interne des semences                                                              |
| Capteurs de force                                                     | 2013                            | Évaluation de la force d'émergence des plantules                                                                     |
| Imageur hyperspectral                                                 | 2012                            | Mesures spectrales en bande spectrale étroite pour inférer des perturbations de la physiologie (plantes et semences) |
| Plateau tournant                                                      | 2012                            | Mesure des paramètres architecturaux                                                                                 |
| Banc IXeed                                                            | 2011                            | Caractéristiques morpho métriques des semences                                                                       |
| Seed Analyzer                                                         | 2010                            | Évaluation de la maturité des semences par fluorescence chlorophyllienne                                             |
| Arabanc                                                               | 2010                            | Caractérisation de l'imbibition, de la germination et du début d'allongement                                         |
| Imageur fluo. chlorophylle                                            | 2010                            | Mesure de différents paramètres d'efficacité des systèmes chlorophylliens                                            |
| Compas sans fil                                                       | 2010                            | Mesure des paramètres architecturaux.                                                                                |
| Faxitron (radiographie)                                               | 2009                            | Structure interne des semences (2D)                                                                                  |

Ces équipements sont installés :

- pour une part (semences) dans les locaux de la Snes-Geves comprenant 10 modules climatiques pour une surface totale d'env. 200m<sup>2</sup>.
- pour une autre part (plante entière ou partie) dans les INEM de l'IRHS. Ces installations (serres et chambres de culture (83 modules)) couvrent une surface d'env. 7000m<sup>2</sup> incluant également des zones de sécurité S2 et S3.



## Bilan des activités 2018

- 35 projets académiques où la plateforme est porteur ou partenaire : 5 sont internes à la plate-forme (R&D pour la plate-forme) et 30 sont externes à la plate-forme. Parmi ces projets externes, un projet est réalisé avec un partenaire privé et 29 sont des projets académiques, dont 3 sont européens (dans le cadre de projets financés par H2020), 16 sont nationaux, 10 régionaux.
- 20 prestations de service (clients académiques, clients privés)

## Débits

### Semences et plantules :

X-ray (3D & 2D) : 2800 semences/jour (estimé)

- Projets de recherche principalement Pea Must (PIA) : 363 250 semences 668 scans
- Prestations de service : 8496 semences 368 scans
- RX 2D (Faxitron) : PHENOTIC/AKER : 298 315 semences 5190 images

**Banc germination** : 6400 semences simult., 2 runs/mois = env. 150000 semences/an (estimé)

- Total PHENOTIC : 156 600 semences sur 29 694 images
- Dont AKER : 105 000 semences sur 15 196 images
- Dont prestation Université de Saaskatoon : 47 200 semences de colza

**Eloncam** : 400 plantules, 1 run/mois = en moy. 4800 plantules/an (estimé)

- Total PHENOTIC : 3420 semences sur 30 898 images
- Dont AKER : 3180 semences sur 29 866 images

### Plantes entières :

Production de plantes :

- Pommier et rosiers principalement = 70000/an, espèces herbacées = 30000/an.
- Plantes imagées : 1500 à 2000/an.

Imagerie (fluorescence de chlorophylle) : 50000 images/ans env. 10000 feuilles.

## Faits marquants 2018

La plateforme Phenotic a été labellisée IBISA avec un soutien financier à hauteur 60k€ pour de l'équipement (capteurs) de métrologie dans les chambres de culture.

EPPN2020 (porteur F. Tardieu, Inra Montpellier) : implication de Phenotic dans un projet européen d'infrastructure EPPN2020. Dans ce cadre, en 2019 & 2020, 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 2018, les demandes d'achat « Phenotic-Track » et « Phenohighway » font partie intégrante du projet de montée en puissance du 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 plate-forme, en permettant l'enrichissement du dispositif et du débit de la chaîne de phénotypage de la graine à la plante dédiée, en termes de volumes, de diversité de plantes horticoles et de bio-agresseurs étudiés.

• « **Phenotic-Track** » : Les CCTPs et la procédure marché ont été réalisées. Les négociations avec les fournisseurs ont permis d'affiner le plan des robots à construire sur la plateforme.

✓ 2 banc Multicam : la construction de ces bancs vise à augmenter la capacité de caractérisation de l'imbibition, de la germination et du début d'allongement en termes de débits et de types d'organismes phénotypés. Notamment la construction d'un de ces deux bancs en conditions de confinement S2 permettra l'étude de la germination d'organismes génétiquement modifiés ou inoculés par des organismes de quarantaine.

✓ Enceinte Phenobean : enceinte de 10 m<sup>2</sup> de surface de culture utile pour le phénotypage. Conditions contrôlées : Température, Hygrométrie et luminosité. Cette enceinte sera équipée d'éclairage LED à de multiples longueurs d'ondes. Chaque longueur d'onde sera réglable en intensité de manière indépendante de manière à contrôler



spectre et intensité de la lumière incidente. Ainsi des adaptations spécifiques à chaque espèce végétale pourront être envisagées.

- ✓ Robot Phenobean : système comportant deux bras robotisés convoyant pour l'un un système de pesée et un système d'identification des pots par puçage RFID, et pour l'autre un système d'irrigation et des systèmes d'imagerie (RGB+fluorescence de chlorophylle)
- ✓ Capteurs de luminosité : capteurs indépendants du système de pilotage de l'enceinte Phenobean pour le contrôle des conditions de phénotypage.
- « **Phenohighway** » : La mise en place de ces équipements vise à doubler et étendre la capacité de phénotypage à haut débit de la plate-forme Phenotic, en couvrant 3 maillons :
  - ✓ Phenobean 2 : duplication et upgrade des outils d'imagerie 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.

✓ Équipements des salles de culture avec un éclairage LED à intensité modulable et un système de caractérisation.

✓ Système pour la macroscopie en fluorescence à champ large et faible grossissement pour acquisition d'image 2D et réalisation automatisée d'images 3D

Mise en place d'un système d'information (base de données) de phénotypage nommé ZIF en proposant des outils interopérables avec d'une part le système PHIS, base de données déployée par MISTEA Montpellier et qui est pré-sentie pour devenir une norme nationale pour les systèmes d'information de phénotypage, et d'autre part le LIMS déployé en local par l'équipe bioinformatique de l'IRHS (ELVIS) (financement Biogenouest pour le poste d'ingénieur informatique).

Dans le contexte du Projet AKER : phénotypage de plus de 2500 génotypes en 2018- 2019. Le screening de la germination à 5°C sur semences passées en RX 2D a déjà été réalisé pour 1694 génotypes. Autre prestation d'envergure : cinétiques de germination sur semences de colza pour l'Université de Saastoon Canada.

## Principales valorisations 2018

### Publications :

- 3 Peer-review articles as coauthor, + 1 soumis
- 8 Oral communications in International conferences
- 5 Oral communications in French conferences

### Encadrement doctoral :

- Valérian Meline, phenotyping hosts/pathogens interactions by combined imaging / CF and hyperspectral, 2016-2018,
- Salma Samiei, 3D imaging, computer vision and machine learning for the characterization of ornamental plants, 2017-2019,
- Clément Douarre, Embedded Hyperspectral imaging applied to plant pathogen monitoring 2017-2019.
- Pejman Rasti (postdoc), computer vision, machine learning for plant phenotyping, 2017-2018.

## Perspectives 2019

Les perspectives de développement des activités de PHENOTIC se traduisent par :

- la mise en place d'un pôle d'ingénierie du végétal PHENOTIC 2. Ce projet s'est concrétisé avec l'obtention du financement des infrastructures immobilières et d'équipements technologiques par le CPER Pays de la Loire (2016-2020). Pour les achats futurs à partir de 2019, un dossier CNOC a été déposé pour justifier des demandes d'équipements.
- la poursuite des projets en cours
- l'implication dans de nouveaux projets via les projets scientifiques de l'équipe ImHorPhen de l'IRHS

**SENSO'VEG : Analyse Sensorielle****Responsable****Ronan SYMONEAUX**

e-mail : r.symoneaux@groupe-esa.com ; tél. : 33 (0)2.41.23.56.05

**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 du groupe ESA.

**Caractéristiques des principaux équipements**

Les équipements de la plateforme sont :

- Salle de dégustation normalisée et informatisée de 20 cabines
- Logiciel d'acquisition de données FIZZ
- Salle de réunion pour 20 personnes
- Salle de focus group avec matériel d'enregistrement Audio-Vidéo
- Cuisine de préparation avec matériel de chauffage (four mixte, micro-onde, gaz...) et de préparation
- Un fichier consommateurs de 3000 consommateurs

**Senso'Veg****Bilan des activités et 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.

- Cidre et Pommes à Cidre :
  - ✓ CIDARI : Perception des arômes du cidre réalisé en collaboration avec l'unité BIA – Equipe PRP)
  - ✓ JINNOV : Développement des Jus de pomme INNOVants issus de la filière cidricole pour diversifier l'offre, et en adéquation avec la demande des consommateurs (FranceAgriMer porté par IFPC)
  - ✓ MONARC : Modulation des Notes Aromatiques des Calvados (Région Normandie et Europe)

- Vin :
  - ✓ SENSTAX : Développement d'une nouvelle méthode d'acquisition des données sensorielles en intégrant une taxonomie sémantique des odeurs (Thèse cofinancé ESA-RFI Food For Tomorrow)
  - ✓ TYPICITE LANGUEDOC : Quelles méthodologies pour étudier la typicité sensorielle à l'échelle régionale ? (Thèse financé par l'Europe et la Région Occitanie)
- Protéine Végétale :
  - ✓ ARSENE Détermination des caractéristiques sensorielles, et notamment aromatiques, des protéines végétales dans des matrices simples et complexes
  - ✓ AAGINOV Développement de solutions innovantes et gourmandes intégrant des protéines végétales pour lutter contre la dénutrition des seniors (FUI)



## SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

### Axe Plantes ornementales

La plateforme Senso'Veg est impliquée dans l'UMT STRATEGIE 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.

CREA'GAMME : Définition de gammes de végétaux en fonction de leurs usages pour répondre aux attentes des consommateurs (FranceAgriMer & VALHOR porté par Astredhor).

DEXinnov : Développer un outil d'analyse multicritère pour augmenter la performance des innovations de la filière horticole : une analyse de l'amont de la chaîne de valeur jusqu'aux consommateurs – Projet déposé CASDAR RT.

### Activités de prestations

En parallèle des activités avec des équipes de recherche, la plateforme Senso'Veg réalise des prestations pour des entreprises privées. Trois types de prestations principales sont réalisés : des analyses sensorielles par panel entraîné, des tests hédoniques et des focus group par des consommateurs.

La plateforme Senso'Veg a réalisé des études pour des obtenteurs, des semenciers, des producteurs et transformateurs de fruits et légumes. Les produits les plus étudiés sont les carottes, les poireaux, des oignons, des échalotes, les pommes, le vin et le cidre mais d'autres Fruits et Légumes et d'autres produits alimentaires ont également été dégustés. Le développement de l'expertise de la perception des consommateurs pour le végétal d'ornement a également donné lieu à quelques prestations privées, sur de nouveaux concepts.

### Perspectives

Dans le cadre du développement méthodologique de la plateforme, une modernisation de l'ensemble du matériel est envisagée. Chaque cabine de la salle d'analyse sensorielle va être équipée d'un écran vidéo de grande taille permettant la diffusion de flux audio-vidéo en cours d'évaluation. Le réseau informatique va être retravaillé pour pouvoir y intégrer les 25 tablettes acquises lors du précédent exercice. La salle de focus groupe va également être modernisée pour améliorer et augmenter le confort, la qualité et la précision des études qualitatives.

### Valorisations scientifiques impliquant la plateforme Senso'Veg et la SFR QUASAV

- Coulon-Leroy, C., Pouzalgues, N., Cayla, L., Symoneaux, R., & Masson, G. (2018). Is the typicality of «provençale Rosé wines» only a matter of color? *OENO One*, 52(4), 1-15. doi: 10.20870/oeno-one.2018.52.4.2125
- Garbez, M., Symoneaux, R., Belin, É., Caraglio, Y., Chéné, Y., Donès, N., ... Galopin, G. (2018). Ornamental plants architectural characteristics in relation to visual sensory attributes: A new approach on the rose bush for objective evaluation of the visual quality. *European Journal of Horticultural Science*, 83(3), 187-201. doi: 10.17660/eJHS.2018/83.3.8
- Nacef, M., Lelièvre-Desmas, M., Symoneaux, R., Jombart, L., Flahaut, C., & Chollet, S. (2019). Consumers' expectation and liking for cheese: Can familiarity effects resulting from regional differences be highlighted within a country? *Food Quality and Preference*, 72, 188-197. doi: 10.1016/j.foodqual.2018.10.004





## Rubriques libres

# Programme RFI Objectif Végétal

## Recherche

16 propositions ont été déposées dans le cadre de l'appel à projets interne « défis scientifiques » 2018, dont 8 thèses, 2 post-doc, et 6 projets starters (fonctionnement seul). Ces 16 projets ont fait l'objet d'une évaluation par un panel de 32 experts externes dont 17 étrangers.

Tous financements confondus, ont été sélectionnés 6 thèses, 1 post-doc (cofinancé avec l'UBL) et 4 starters pour un montant total de financement de 1 139 k€.

Liste des projets défis scientifiques sélectionnés :

| Thèses      |                |                                       |                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acronyme    | Unité porteuse | Coordinateur                          | Titre du projet                                                                                                                                                                                   |
| CliSeTiCS   | EPHor          | Pierre-Emmanuel Bournet               | Quantification et modélisation des services climatiques rendus par les arbres dans une rue canyon                                                                                                 |
| FuSioN      | IRHS-SMS       | PLANCHET Elisabeth / TEULAT Béatrice  | Rôle de l'azote dans l'interaction plante-pathogène fongique durant l'installation de la plantule                                                                                                 |
| GOSYRIS     | EPHor          | Etienne CHANTOISEAU (Patrice CANNAVO) | Garden Orchard Systems: Research Into the Soil-Plant-Atmosphere Continuum                                                                                                                         |
| PROMETEUS   | IRHS-Respom    | DEGRAVE Alexandre                     | PRi Optimiziation by dna METHylation and Transposable Elements studies : Unraveling their persistence and performance modulation by environmental constraints ; an apple case Study               |
| ROSAPEPS    | IRHS-ARCH'E    | José Le Gourrierc-Gentilhomme         | Rosa miPEPs et miRNAs : de nouveaux outils respectueux de l'environnement pour contrôler la ramification des plantes ?                                                                            |
| ValoRGPomme | IRHS-Respom    | Muranty Hélène                        | Valorisation des ressources génétiques du pommier dans la population d'amélioration élite grâce à la sélection génomique                                                                          |
| Post-doc    |                |                                       |                                                                                                                                                                                                   |
| CRISPR-Fire | IRHS-Respom    | CHEVREAU Elisabeth                    | Résistance durable du pommier au feu bactérien : validation d'un QTL majeur par édition du génome                                                                                                 |
| Starter     |                |                                       |                                                                                                                                                                                                   |
| ALDAUTOX    | IRHS-QuaRVeg   | Berruyer Romain                       | Voies de biosynthèse et mode d'action de l'aldolactone, une toxine impliquée dans le pouvoir pathogène d' <i>Alternaria dauci</i> , agent de la brûlure foliaire de la carotte                    |
| IMAGINES    | LEVA           | Fustec Joëlle                         | Vers la production d'idéotypes de pois plus efficaces dans l'absorption d'azote du sol pour améliorer le contrôle des mauvaises herbes dans les cultures intercalaires innovantes à faible apport |
| PaXap       | IRHS-Emersys   | LE SAUX Marion                        | Mise en place d'outils pour la caractérisation de l'interaction <i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i> / <i>Prunus armeniaca</i>                                                          |
| ROGER       | IRHS-GDO       | FOUCHER Fabrice                       | Génétique et génomique de la résistance du rosier à la maladie des taches noires                                                                                                                  |



Depuis la mise en place du RFI, 51 projets « défis scientifiques » ont été engagés correspondant à 4,5 M€ de financements mobilisés.

Un projet a été retenu pour financement dans le cadre de l'appel à projets interdisciplinaire : le projet Dlect' «Deciphering apple LEC-Tin's biological properties» porté par Alexandre Degrave de l'UMR IRHS-équipe Respom en partenariat avec les équipes ATOMycA et Immunité Innée et Immunothérapie de l'unité CRCINA Inserm U1232 de l'Université d'Angers.



## Programme RFI Objectif Végétal

### Formation

La Summer School Plant Health and Quality 2018 s'est déroulée du 27 juin au 18 juillet 2018 avec 16 étudiants (9 étudiants chinois, 4 colombiens, un brésilien, un hollandais et une ukrainienne) de niveau Master ou Licence. Elle a à nouveau reçu le label « Ecoles d'été France excellence 2018 » de l'Ambassade de France en Chine. La coordination scientifique est assurée par Marion Fischer-Le Saux (Inra) et Pascal Poupard (Université d'Angers).

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

2 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](http://www.objectifvegetal.univ-angers.fr) :

- Réussir le végétal en ville !
- Culture hors-sol et/ou sous abri - Optimisez votre climat et vos supports de culture !

Une cinquantaine de participants à la Journée Entreprises-Recherche du 26 juin 2018 co-organisée avec Végépolys : « Qualité des produits horticoles dans les filières : arboriculture, maraîchage, viticulture, ornement, plantes aromatiques et médicinales ».

1 projet ANR LabCom accompagné avec succès : le LabCom MATCH (Méthodes Alternatives aux Traitements Chimiques du l'Hortensia) entre l'IRHS et la PME Hortensias France Production.

### Stratégie internationale

Une délégation de 11 personnes d'Agrocampus Ouest, de l'Université d'Angers, de l'Inra et de l'Anses s'est rendue à l'Université d'Etat de Sao Paulo (UNESP) (Brésil) pour un séminaire d'une semaine permettant d'améliorer la connaissance réciproque des institutions et des axes de recherche développés par chacun.

L'Université d'Angers et Agrocampus Ouest ont été invités par l'UNESP au kick off meeting du programme Print pour l'internationalisation de la Recherche et de la Formation.

1 projet a été sélectionné dans la cadre de l'appel à Projets «Post-doctorants Internationaux».

| <b>Post-doctorants internationaux</b> |                                                                   |                                |                                                                  |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Acronyme</b>                       | <b>Unité -équipe porteuse / partenaire</b>                        | <b>Coordinateur/ Post-doc</b>  | <b>Titre du projet</b>                                           |
| <b>VENI VICI</b>                      | IRHS-Ecofun / Université de Massey / Plant and Food Research (NZ) | Bruno Le-Cam<br>Joanna TANNOUS | How does <i>VENTuria Inaequalis</i> VirulenCe emerge worldwIde ? |



## IRHS

Institut de Recherche  
en Horticulture et Semences

L'IRHS qui n'a pas connu de réorganisation notable en 2018, a poursuivi la mise en œuvre de la stratégie du programme RFI Objectif Végétal, en particulier vis à vis de sa politique d'internationalisation ou de renforcement des liens avec les acteurs socio-économiques.

Quelques exemples illustrent la **montée en puissance du positionnement international du laboratoire**. C'est le cas notamment des succès du **portage du projet européen INVITE** par François Laurens, et de la participation de l'équipe QuaRVeg au projet européen OPTIMA accepté également en 2018. La sortie en 2018 d'une **séquence du génome de rosier** de très haute qualité, publiée dans « Nature Plant » par un consortium européen, sous la houlette de l'équipe GDO, avec Epicenter et BDefl (ex Bioinfo) est un autre exemple de la plus-value de la constitution de réseaux internationaux, qui permet aux recherches de notre laboratoire de changer de dimension. L'arrivée au laboratoire d'un chercheur spécialiste international incontesté d'isotopomique en végétal, ayant obtenu un nouveau projet **Connectalent « IsoSeed »**, permet au laboratoire non seulement d'accroître son attractivité mais également d'ouvrir de nouvelles perspectives de collaboration avec l'Australie. En effet G. Tcherkez est professeur à l'ANU et partagera son activité entre Canberra et l'IRHS (équipe SMS) pendant quelques années. Dans la foulée, un projet de LIA (laboratoire national associé) est en projet entre les deux sites. En parallèle O. Leprince et J. Buitink (équipe ConserTo) ont concrétisé plusieurs années de **recherches communes avec l'UNESP (Brésil)** sur la qualité de la semence, avec plusieurs accueils de doctorants, par le dépôt d'un autre projet de LIA sur « Seed biology and quality ». Enfin, l'IRHS a également organisé le « **International plant epi/genetics meeting** » en octobre 2018, dans le cadre du projet ERC Bungee porté par E. Bucher, qui fut qualifié unanimement de grand succès.

Le **renforcement des liens avec les acteurs socio-économiques** est un objectif récurrent de l'IRHS, qui peut être illustré en 2018 directement par les succès notables des **projets ANR LabCom Match** porté

par l'entreprise Hortensias France Production en collaboration avec l'équipe Arch-E de l'IRHS (coordination scientifique N. Leduc), et le **projet FUI Protect+** porté par les Ets Rouiller en collaboration avec l'équipe ResPom de l'IRHS (coordination scientifique M. N. Brisset). En parallèle cette volonté s'inscrit également dans de nombreuses autres initiatives telles que le montage de nouveaux **projets de thèses CIFRE** (Ex : C. Lacault à EmerSys avec les Ets H-M Clause), l'obtention d'un **autre projet Européen** avec les Ets Danone et MOM (Friendly-fruit, coordonné par F. Laurens) ou des **projets CASDAR** dans le cadre de l'UMT STRATEGIE.

Le **Phénotypage Végétal** a augmenté sa visibilité notamment avec la **labellisation IBISA de la plate-forme Phenotic**, l'installation de nouveaux équipements (suite du CPER PHENOTIC2), ou l'organisation de nombreuses **formations** dispensées par D. Rousseau et son équipe sur site mais également à Wageningen dans le cadre du réseau européen et du projet EPPN 2020.

En juillet 2018, la **Ministre de la recherche, D. Vidal, a choisi l'IRHS pour venir annoncer depuis Angers le lancement d'un nouveau programme de recherche sur la réduction des pesticides** qui sera piloté par l'Inra. Ce fut l'occasion d'une visite de nos laboratoires et de l'Unité Expérimentale Horticole voisine, accompagnée du PDG de l'Inra, P. Mauguin, qui a été un succès total grâce à une large mobilisation collective pour donner une excellente image de notre laboratoire. Enfin cette impression fut confirmée en décembre par la **visite de la Directrice Générale Déléguée Scientifique de l'Inra, C. Cherbut**, qui a ensuite transmis ses impressions à la Présidente de Centre, E. Chevassus-Lozza, en évoquant des « recherches enthousiasmantes » et définissant l'IRHS comme un « vrai institut » au potentiel international ».





## Thèses commencées en 2018

AHMAD Ali. Simulation & machine learning for chromatin phenotyping through 3D lattice light sheet fluorescence microscopy. Directeur de thèse : D. Rousseau (IRHS-éq.ImHorPhen). Financement : projet européen PROCHIP.

BARRIT Thibault. Role of nitrogen in plant-fungal pathogen interactions during seedling establishment. Directrice de thèse : B. Teulat (IRHS-éq.SMS). Financement : Agrocampus Ouest, RFI Objectif Végétal.

CAZENAVE Xabi. Valorisation des ressources génétiques du pommier dans la population d'amélioration élite avec la sélection génomique. Directeur de thèse : C.E. Durel (IRHS-éq.Respom). Financement : Inra – Région, RFI Objectif Végétal.

CHAVONET Erwan. PRi Optimization by dna Methylation and Transposable Elements studies: Unraveling their persistence and performance modulation by environmental constraints; an apple case Study. Directrice de thèse : M.N. Brisset (IRHS-éq.Respom). Financement : Université d'Angers, RFI Objectif Végétal.

CHEN Zhijuan. Impacts of abiotic stresses on Medicago seed development and acquisition of quality traits using systems biology approaches. Directeur de thèse : O. LEPRINCE. Financement : China Scholarship Council.

CHESNEAU Guillaume. Succession des ensembles microbiens lors du développement des semences. Directrice de thèse : M.A. Jacques (IRHS-éq.Emersys). Financement : ANR.

DOMERGUE Jean-Baptiste. Biomarqueurs métaboliques et isotopiques de la qualité des semences. Co-directeurs de thèse : A. Limami, G. Tcherkez (IRHS-éq.SMS). Financement : Université d'Angers.

LACAULT Caroline. Origine des épidémies de la nervature blanche de la courgette. Directrice de thèse : M.A. Jacques. Financement : CIFRE (HM-Clause).

MALLET Julie. Etude des miRNA et miPEPS : rôle dans le photocontrôle de la ramification chez le rosier. Directrice de thèse : N. Leduc (IRHS-ARCH'E). Financement : Université d'Angers, RFI Objectif Végétal.

## Post-docs commencés en 2018

DUTAGACI Helin. Traitement d'image 3D pour les plantes. Financement : Région Pays de la Loire - Connect Talent PACINP.

ELMASRY Gamal. Imagerie Hyperspectrale pour les semences. Financement : ALM - Connect Talent PACINP et Inra - Agreenskills.

MALALARBA Jaiana. Résistance durable du pommier au feu bactérien : validation fonctionnelle d'un QTL majeur par édition du génome. Financement : RFI Objectif Végétal, UBL.

ROBERTSON Martha. Etude du rôle des éléments transposables dans les changements phénotypiques et génomiques. Financement : ERC BUNGEE.

ROQUIS David. Etude du rôle des éléments transposables dans les changements phénotypiques et génomiques. Financement : ERC BUNGEE.

SHILLER Jason. Génomique comparative des Alternarias pathogènes du pommier. Financement : CASDAR.



## EPHor

Environnement physique de la plante horticole

### Finalisation du projet Ecol'eau Terreau

Symbole du dynamisme de la filière "Substrats", le projet Ecol'eau Terreau regroupant 11 entreprises\* et l'unité de recherche EPHor, partenaire académique pilote du projet, vient de délivrer ses principales conclusions. Ce projet visait à contribuer à une meilleure efficacité de l'eau en cultures hors sol sur substrats, prenant en compte l'évolution de leurs propriétés physiques en relation avec le développement racinaire et les stratégies d'irrigation.

Les travaux se sont appuyés sur de nombreux essais en serre couplés à des mesures physiques au laboratoire, réalisés sur une large diversité de substrats (tourbe blonde, noire, écorces de pin, fibres de bois, coco et mélanges) et de plantes (rosier, ipomée, oignon) soumis à différentes stratégies d'irrigation (+ ou - limitantes en eau).

Les résultats ont mis en évidence les propriétés aératrices du substrat (teneur en air, diffusivité gazeuse) et leur mouillabilité comme paramètres physiques clés favorisant le développement racinaire. In extenso, ce projet contribue à optimiser, voire redéfinir le choix des substrats sur la base de ces nouveaux critères et des consignes d'irrigation définies par le producteur.

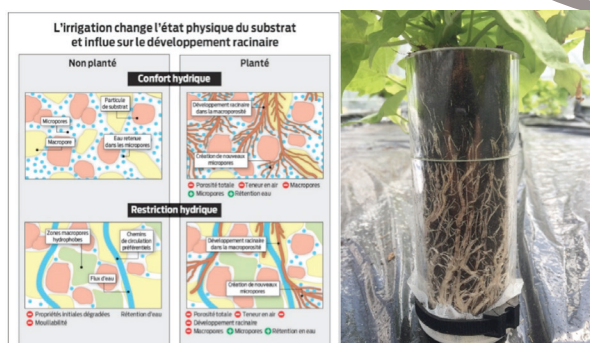
Ce projet a abouti à ce jour à 3 publications ACL (2 soumises), 7 lors de congrès internationaux et 9 communications vers la filière professionnelle.

Plus d'information dans le Lien Horticole n°1071 du 19 septembre 2018 ou Réussir Fruits et Légumes n°388 de novembre 2018.

\* les 11 partenaires professionnels du projet : Aquiland, Biolandes Pin Décor, Dumona, Fertil, Florentaise, Floragard, IfTech, Klasmann-Deilmann, Greenyard Horticulture, Lesaffre Plant Care, Premier Tech Horticulture France (Projet également soutenu par Angers Loire Métropole, Afaia et labellisé par Végépolys).

## UP EPHOR

ENVIRONNEMENT PHYSIQUE  
DE LA PLANTE HORTICOLE



Influence de l'irrigation sur l'état physique du substrat et sur le développement racinaire

### Point d'étape dans le projet européen H2020 N4C Nature for cities

L'objectif du projet Nature4Cities (N4C) [2016-2020] est de remettre la nature au cœur de l'innovation, de la planification, et de leur concrétisation, de créer une plateforme proposant une base de références de qualité autour des Solutions basées sur la Nature (NBS). Ce projet regroupe 9 pays, 26 partenaires dont 4 universités.

Durant l'année 2017-2018, afin de développer un outil d'aide à la décision opérationnel pour les autorités locales et gestionnaires, des indicateurs de performances des NBS pour différentes problématiques urbaines (climat, eau, biodiversité, planification urbaine et gestion des espaces verts) ont été déterminés.

Le rapport fournit un ouvrage de référence complet sur les NBS. Il présente d'abord le cadre des communications unifiées qui a été examiné en vue d'élaborer un système d'indicateurs clair et cohérent, puis la méthodologie qui a été utilisée pour identifier et analyser un vaste ensemble d'indicateurs urbains.

La sélection finale des indicateurs clés urbains sert d'entrée à la tâche visant à identifier les outils (modèles et méthodes) les plus appropriés pour permettre le calcul des indicateurs de performance. Cette identification est basée sur les données documentaires et les expériences de modélisation antérieures des partenaires. En outre, l'objectif était de créer une boîte à outils de modèles et de méthodes d'experts, qui soient adaptés aux défis urbains bien documentée (logiciels, modèles, équations, analyses et méthodes de laboratoire). Le projet N4C offrira également la possibilité de combiner des Expert-Modèles et Méthodes (EMM), ce qui en fera un puissant compagnon d'optimisation pour la modélisation et la caractérisation d'ensembles multithématiques (climat, eau, biodiversité, sol, espace urbain, énergie et aménagement urbain).



## EPHor

Environnement physique de la plante horticole

### Installation expérimentale : Rue Canyon

L'unité EPHor (Environnement Physique de la Plante Horticole) d'Agrocampus Ouest vient de se doter d'un nouveau dispositif expérimental en 2018 pour étudier les interactions entre végétal et climat urbain. Il s'agit d'un Rue Canyon arborée à l'échelle 1/5<sup>ème</sup> de 16m de long, bordée de bâtiments de 2m de haut.

La Rue Canyon servira notamment de support à la thèse de Souleymane Mballo (2018-2021) qui vise à quantifier les bénéfices climatiques des arbres en milieu urbain. Le projet est financé par l'Ademe et la région Pays de la Loire, dans le cadre d'une collaboration entre l'unité EPHor (P.E. Bournet et S. Herpin) et l'IRHS (S. Demotes-Mainard).

### Relations internationales : présence d'EPHor et Agrocampus Ouest en Chine

Suite au congrès GreenSys2017 (greenhouse system) organisé à Pékin en août 2017, PE Bournet a été invité à présenter une communication (Advances and challenges in CFD modelling of crop climate interaction in greenhouses) au forum international sur les cultures horticoles protégées à Shouguang, Chine (High-level International Forum on Protected Horticulture HIFPH 2018, Shouguang, Chine 18-21 avril). Ce congrès organisé par l'académie chinoise des sciences horticoles a lieu tous les deux ans. Il se tient en même temps qu'une foire horticole interna-

tionale, véritable vitrine du Shandong. Environ 150 scientifiques y ont participé. Ce fut l'occasion de présenter également le congrès Greensys 2019 (International Symposium on advanced technologies and management for innovative greenhouses) co-organisé par Agrocampus Ouest, le CTIFL et l'Inra à Angers du 16 au 20 juin 2019. La présence d'EPHor en Chine s'est poursuivie par une participation au salon HortiChina à Shanghai en novembre 2018 avec un stand remarqué où étaient présentés GreenSys2019 et IHC2022.

### Soutenance de thèse

A Cambou a soutenu en déc 2018 sa thèse sur l'évaluation du stock et de la stabilité du carbone organique dans les sols urbains : un modèle conceptuel de la dynamique du carbone dans deux types de sol

ouverts et scellés a été élaboré. Des recommandations pour optimiser le suivi du carbone et la gestion des sols urbains ont été proposées.

### Thèses commencées en 2018

KOHLI A. Influence des intrants organiques sur la mobilité des éléments traces et leur transfert dans le végétal. Application aux jardins familiaux. Directrice de thèse L. Vidal-Beaudet. Financement Ademe-lfsttar.

MBALLO Souleymane. Quantification et modélisation des services climatiques rendus par les arbres dans une rue canyon. Directeur de thèse P.E. Bournet. Financement Ademe/ Région Pays de la Loire et RFI Objectif Végétal.

RAMANANJATOVO Toky. Systèmes verger-maraîcher : recherche appliquée dans le continuum sol-plante-atmosphère. Directeur de thèse P. Cannavo & G. Buck-Sorlin. Financement CPER et RFI Objectif Végétal.



## GRAPPE

Groupe de Recherche en Agroalimentaire  
sur les Produits et les Procédés

### Ressources humaines

L'USC GRAPPE avait besoin de stabiliser son équipe technique pour soutenir et optimiser l'activité de recherche et prestation des enseignants-chercheurs, chargés de recherche et ingénieurs de l'unité.

Cette politique de stabilisation des effectifs s'est traduite par l'embauche d'un CDD (analyse Biochimique et Analyse non-destructive) en septembre 2017 puis transformation du CDD en CDI le 01/07/2018.

Les nécessités des projets RENESSENS, SCALE, ECO3VIC et O3GRAPE2.0 nous ont permis d'embaucher ou d'accueillir du personnel en CDD :

- Mario Gabrielli, post-doctorant (18 mois) pour le Projet O3GRAPE2.0.
- Magdalena Czyrnek-Deletre en mars 2018, post doctorante (0,8 ETP pour 14,4 mois) pour le projet UBL-SCALE et ECO3VIC.
- Tiphaine Corbière en CDD (11 mois) le 01/12/2017 sur le projet RENESSENS.
- Anaïs Roger en CDD (12 mois) le 05/11/2017 sur le projet RENESSENS.

### Coopérations internationales

En 2017/2018, nous avons collaboré avec le Prof. Mamoudou H. Dicko, de l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso) dans le cadre d'un dépôt de projet Leap-AGRI, qui a passé plusieurs étapes mais qui, en dernière instance, n'a pas été retenu (33° alors que le dernier projet financé était 27°). Cette collaboration passe aussi par un séjour scientifique de deux semaines en 2018 du Dr. Charles Pakourda et par la

Par ailleurs, deux post-doctorants ont terminé leur contrat en 2018 :

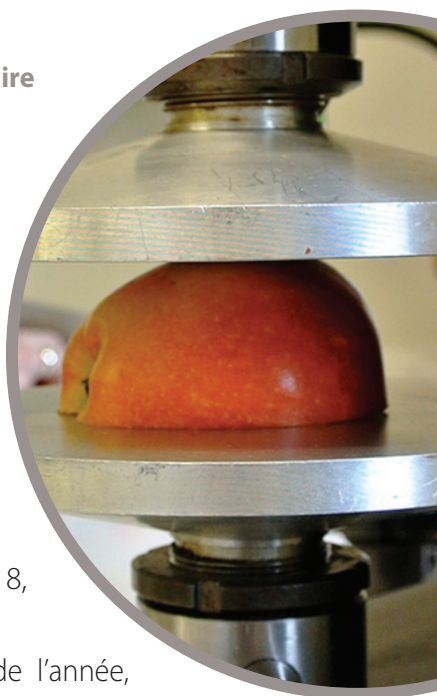
- Marguerite Renouf en février 2018, projet FRA-COLCA.
- Emmanuelle Garrigues-Queré en mars 2018, projet Eco3Vic.

Parmi les changements de l'année, Ronan Symoneaux a obtenu brillamment son HDR en février 2018. Dans le cadre du développement des compétences des enseignants-chercheurs de l'ESA et avec le soutien du Fond Dédié Recherche, Chantal Maury et Isabelle Maitre ont entamé leurs démarches respectives pour présenter l'HDR en 2019. A cette fin, leurs temps de recherche sont passés de 0,4 ETP à 0,5 ETP.

Pour terminer, nous avons aussi accueilli temporairement une chercheuse de l'Institut Rothschild, Adeline Braud, et une étudiante en thèse du Burkina-Faso Hyacinthe Kante-Traoré.

possibilité de représenter un autre projet en 2019.

Le GRAPPE a aussi participé à la définition recherche des projets MIC (Mobilité International de Crédit) avec l'Algérie et l'Ukraine déposés par le service SI de l'ESA. Sur le volet recherche, ces projets proposent des séjours scientifiques en 2019 et 2020 pour un enseignant-chercheur Algérien ou Ukrainien.





## GRAPPE

Groupe de Recherche en Agroalimentaire  
sur les Produits et les Procédés

### Activités études/prestations

Dans son organisation interne, le GRAPPE dispose d'une cellule Transfert et Innovation, qui dispose en 2017/2018, d'une ingénieure recherche et valorisation (1,0 ETP) et de deux techniciennes à temps

partiel (1,2 ETP). Cette équipe, avec l'appui des autres membres de l'équipe, a présenté 53 devis avec un taux d'acceptation de 35,8%.

### Lien recherche/formation

Une partie des enseignants-chercheurs du GRAPPE ont intégré la notion de Traçabilité et Bigdata (Plateforme S3) et d'acquisition / traitements des données en recherche et en formation (Mastère AgTech). Le

GRAPPE a aussi accueilli un grand nombre d'étudiants en stage (voir annexe 1.2), de l'ESA (3 étudiants) mais aussi d'autres formations basées à Angers, Besançon ou Versailles.

### Activités de culture scientifique et technique

L'équipe du GRAPPE a participé à des activités de sensibilisation « grand public » comme «Vis ma vie

d'élève ingénieur», la Fête de la Science, la Nuit des Chercheurs.

### Les grandes orientations

L'année scolaire 2017/2018 a vu la mise en place d'une nouvelle organisation interne en corrigeant les imperfections détectées lors du premier semestre 2017. De nombreuses procédures concernant le suivi des temps recherche ou le suivi des projets ont été mises en place afin d'optimiser nos ressources humaines et financières.

Dans le même temps, nous avons essayé d'élargir nos réseaux, en participant à l'initiative régionale de la plateforme S3 « big data and traceability », ou à la

possible structuration d'un pôle de recherche agroalimentaire Grand Ouest.

Nos orientations pour 2018/2019 portent sur :

- une amélioration de nos propositions de projet pour renforcer notre attractivité,
- une mise en œuvre de processus ou d'outils pour mieux gérer et optimiser le temps recherche des enseignants-chercheurs,
- la préparation de la prochaine évaluation HCERES 2019-2020.

### Thèse commencée en 2018

UGLADE Diana. Intégration des consommateurs dans les démarches d'écoconception participative, application au cas du vin. Directrice de Thèse : Frédérique Jourjon (USC GRAPPE), co-directeur : Ronan Symoneaux (USC GRAPPE). Financement : Ademe-Région

### Post-doc commencé en 2018

CZYRNEK-DELETRE Magdalena. L'analyse de cycle de vie (ACV) pour l'écoconception en agro-écologie : enjeux méthodologiques du passage de l'échelle de la parcelle à l'exploitation. Financement : UBL.



## LEVA

Laboratoire de Biologie  
et Pathologie Végétales

### Ressources humaines

En 2018, l'équipe a connu quelques changements en raison d'évolutions de postes et de nouveaux recrutements

Mathieu Lorin, enseignant-chercheur, a vu son contrat à durée déterminée passer en CDI. Christophe Naudin et Guillaume Piva ont endossé les fonctions de Directeur des Etudes et de Directeur du Développement au sein de l'ESA. Anne Aveline, ayant pris les fonctions de Directrice du Centre de Formation par Apprentissage de l'ESA a interrompu ses activités de recherche et quitté le LEVA. L'équipe est néanmoins toujours composée de 10 enseignants-chercheurs.

Deux ingénieurs ont été recrutés en CDD sur les projets ANR LEGITIMES et H2020 DiverIMPACTS, ainsi que deux étudiants de Master en formation par apprentissage et contrat Pro : Charline Gruaz et Alexandre Lachmann.

L'équipe est toujours composée de 3 techniciens malgré le départ d'Antonin Leret pour le sud de la France, Sylvie Vincent ayant été recrutée en contrat indéterminé.

Baptiste Drut a soutenu sa thèse, tandis que le LEVA a accueilli 3 nouveaux doctorants (Xavier Bousselin, Laure Boeglin, Eva Revoyron) et un post-doctorant (Loïc Viguier), venus rejoindre Céline Lefort et Timothée Chérière poursuivant leurs thèses en 2e année.



### Nouveaux projets et partenariats au sein de la SFR QUASAV

Grâce à l'obtention d'une bourse de thèse du Département Agronomie Environnement de l'Inra, son co-financement par la Région Pays-de-la-Loire pour la rentrée 2018 et du Défi Scientifique Objectif Végétal IMAGINES, une nouvelle collaboration se concrétise entre le LEVA et l'équipe SMS de l'IRHS sur l'installation des associations de cultures et le contrôle

des adventices. C'est sur ce sujet que Laure Boeglin a commencé sa thèse, travaillant en étroite collaboration avec les deux équipes.

La thèse de Céline Lefort, financée par Bejo Productions, a été une occasion pour le LEVA de commencer à travailler avec le plateau technique IMAC.

### Coopérations internationales

En 2018, le LEVA a considérablement renforcé ses collaborations internationales par son implication dans les projets européens tels que DIVERSify et DiverIMPACTS (SLU en Suède, le centre de recherche agro-nomique de Gembloux en Belgique, le James Hutton Institute en Ecosse...) et son intégration dans un

cluster de projets européens sur les associations et la diversification des cultures. Mais l'équipe crée aussi des liens privilégiés au travers de la formation doctorale (Aarhus au Danemark, ETH Zürich, Agroscope en Suisse) : évaluations de thèses, jurys et comités de pilotage.



## LEVA

Laboratoire de Biologie  
et Pathologie Végétales

### Thèses commencées en 2018

BOUSSELIN Xavier. Fonctionnement de mélanges pluri-espèces de plantes de services associés au colza et diagnostic des causes de la variabilité des performances de ces associations. Co-directeurs de thèse : J. Fustec (LEVA) et M. Valantin-Morison (UME Agronomie), co-encadrement : Alice Baux (Agroscope, CH). Financement Agroscope et huileries suisses.

BOEGLIN Laure. Effet de *Rhizobium leguminosarum* sur la réponse au signal nitrate en tant que signal déterminant de l'architecture racinaire chez *Pisum sativum* aux stades précoces d'installation des plan-

tules. Co-directeurs de thèse : J. Fustec (LEVA) et A. Limami (IRHS-éq.SMS). Financement Inra-EA, Région Pays-de-la-Loire, RFI Objectif Végétal.

REVOYRON Eva. Leviers agronomiques, à l'interface des territoires et des filières, pour favoriser la diversification agroécosystèmes; enseignements de cas d'études en Europe. Co-directeurs de thèse : JM Meynard (UMR SADAPt), M. Le Bail (UMR SADAPt) et co-encadrement : M. Mawois (LEVA). Financement : EU H2020.

### Post-doc commencé en 2018

VIGUIER Loïc. Leviers agronomiques pour favoriser la diversification des agroécosystèmes. Référent scientifique : G. Corre-Hellou (LEVA). Financement : EU H2020.



## LSV - BVO

Bactériologie, Virologie et OGM

### Workshop international pour la détection de *Xylella fastidiosa*.

L'équipe bactériologie (UBVO) du Laboratoire de la santé des végétaux, dans le cadre de sa participation au projet européen H2020-POnTE, a organisé un atelier de formation aux méthodes de détection de la bactérie *Xylella fastidiosa* (Xf) du 16 au 19 janvier 2018, impliquant six de ses agents. Quinze participants de différents laboratoires européens (IVIA (Espagne), INIAV (Portugal), NIB (Slovénie), ARD (Israël), CI-HEAM-IAM (Italie), NVWA (Pays Bas), Benaki Phytotopathological institute (Grèce)... ont suivi les travaux pratiques par groupes de quatre pour la préparation des échantillons, la détection de la bactérie sur plantes et sur insectes vecteurs par PCR en temps réel (Harper et al, 2010), par isolement sur milieu de culture, ainsi que pour l'identification des sous-espèces de *Xylella fastidiosa* par Multi Locus Sequence typing (MLST) directement sur ADN végétal extrait.

Les partenaires ont présenté la situation dans leurs pays au regard de *Xylella fastidiosa* (distribution, hôtes sensibles et symptômes) pour l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et la France. Les techniques de NGS (Next Generation Sequencing) et de ddPCR (digital droplet PCR) ont également faits l'objet de présentations aux participants. Enfin Françoise Petter, directrice scientifique adjointe à l'OEPP (Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes) est intervenue pour l'animation d'une session relative au protocole OEPP de diagnostic *Xylella fastidiosa* révisé (PM7/24 (2)) en cours de consultation auprès des pays membres et a soutenu financièrement cet événement. Le partage d'expériences entre les formateurs et les participants a été très enrichissant et les participants ont exprimé leur satisfaction à l'issue du Workshop.

**LABORATOIRE  
DE LA  
SANTÉ DES  
VÉGÉTAUX**





## SiFCIR

Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs

### Thèses commencées en 2018

PERRIER Stéphane. Optimisation d'une stratégie de lutte et de protection contre les moustiques vecteurs d'agents pathogènes par combinaison d'un agent synergisant et d'insecticides de nouvelle génération. Directeurs de thèse : B. Lapied (SiFCIR) & F. Chandre (MIVEGEC, Montpellier). Financement : DGA-Région.

PILON Alexandre. Les récepteurs muscariniques peuvent-ils être considérés comme facteur clé dans

le développement de nouvelles stratégies de lutte contre les insectes vecteurs de maladie ? Directrice de thèse : V. Raymond (SiFCIR), co-encadrante : D. Goven (SiFCIR). Financement: Université d'Angers.



### Post-doc commencé en 2018

EL-ADOUZI Marine. Utilisation d'un agent chimique synergisant pour optimiser l'efficacité des néonicotinoïdes sur des moustiques vecteurs de maladies. Référent scientifique : B. Lapied



## SONAS

Substances d'Origine Naturelle et Analogues  
Structuraux

Depuis quelques années, le SONAS (Université d'Angers) est engagé dans un projet collaboratif, impliquant trois autres universités européennes —léna (Allemagne), Innsbruck (Autriche) et Naples (Italie)— et centré sur la recherche, à partir de sources naturelles, de nouveaux composés présentant des propriétés anti-inflammatoires. Cette recherche procède par études complémentaires réalisées selon les compétences propres de chaque partenaire : analyses phytochimiques et hémisynthèses (Univ. Angers), docking in silico (Univ. Innsbruck), tests *in vitro* (Univ. léna) et *in vivo* (études précliniques, Univ. Naples). C'est dans ce cadre que nous avons identifié des métabolites  $\omega$ -oxydés de la vitamine E (tocophérols et tocotriénols) comme inhibiteurs spécifiques de la 5-lipoxygénase (5-LO : dermatite atopique/eczéma, asthme).

Ces travaux se sont récemment concrétisés par un(e) :

- brevet international (« Tocotrienol derivatives, pharmaceutical composition and method of use in 5-lipoxygenase related diseases », WO/2017/032881A1, copropriété Université d'Angers, Ule et Uln)
- publication dans Nature Communications («Endogenous metabolites of vitamin E limit inflamma-

tion by targeting 5-lipoxygenase », H. Pein et al., Nature Com., 2018 (DOI :10.1038/s41467-018-06158-5, Figure 1)

- thèse de l'Université d'Angers encadrée par Denis Séraphin et Jean-Jacques Helesbeux : « Métabolites secondaires et analogues hémisynthétiques de type 6-hydroxybenzopyrane en série vitaminique E : Obtention et évaluation biologique », soutenue le 4 décembre par Alexia Ville. Un des principaux objectifs, mené à bien lors de ce travail de recherche, était d'accéder sans contraintes environnementales à l' $\alpha$ -amplexichromanol ( $\alpha$ -AC, objet du brevet WO/2017/032881/A1), inhibiteur spécifique de la 5-LO obtenu par modification d'un tocotriénol isolé d'une plante endémique de Nouvelle Calédonie, *Garcinia amplexicaulis* (Clusiaceae). L' $\alpha$ -AC peut ainsi aujourd'hui être obtenu à partir d'une source naturelle et renouvelable : l'acide garcinoïque, isolé de la noix de kola (*Garcinia kola*) : A. Ville et al., J. Nat. Prod., 2019 (DOI: 10.1021/acs.jnatprod.8b00517).

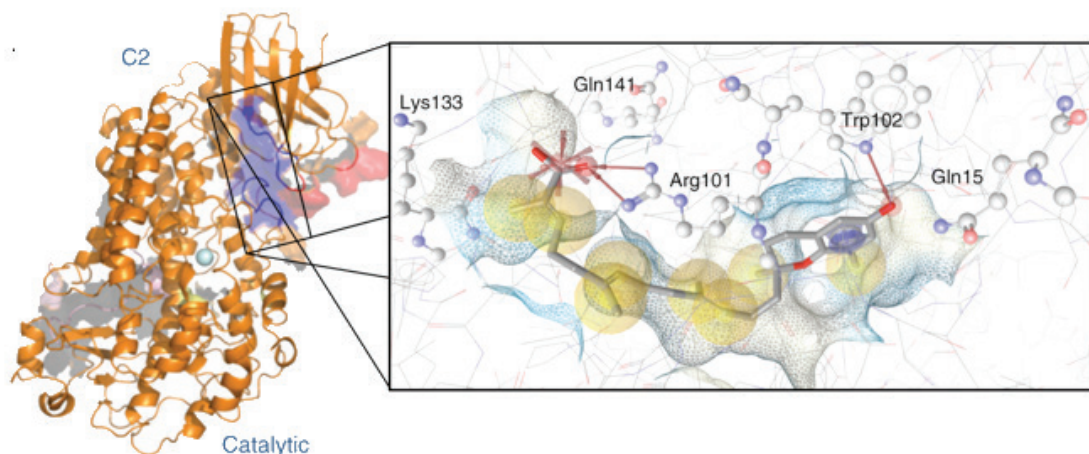


Fig. 1 : Simulation de docking moléculaire entre  $\alpha$ -TE-13'-COOH et 5-LO



## SONAS

Substances d'Origine Naturelle  
et Analogues Structuraux

### Thèse commencée en 2018

CISSE Sekhou. Caractérisation fine du Lemon extract et approche comparée de l'influence des composés majeurs sur le microbiote intestinal des mono-

gastriques et d'un modèle animal. Directeur de thèse : D. Guilet, co-encadrement : P. Chicoteau (NorFeed). Financement ANRT thèse CIFRE.

### Post-doc commencé en 2018

CALA-PERALTA Antonio. Active Dihydrochalcones from APple Trees: towards added value to local apple production (ADAPT). Référents scientifiques : J.-J. Helesbeux, P. Richomme et D. Séraphin. Financement RFI Objectif Végétal.



## GEVES

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

### Une nouvelle politique scientifique 2018-2022



La politique scientifique du Geves, destinée à piloter des programmes de recherche méthodologique au service des activités et missions du Geves, a été revue. Les recherches menées en 2018-2022 dans les domaines de l'évaluation des performances des variétés, de leur description et caractérisation, et de l'analyse de la qualité des semences permettront de caractériser plus finement et plus rapidement les semences et les variétés, et de prendre en compte de nouveaux aspects dans leur évaluation. Ces travaux s'appuieront sur des compétences en pathologie, phénotypage, biologie moléculaire, et traitement des données.



### Deux nouveaux projets européens concernant l'évaluation variétale

Deux projets européens en lien avec l'évaluation des variétés, dans lesquels le Geves est impliqué en

tant que partenaire et pilote de workpackage ou de tâche, ont été acceptés en 2018.

**Le programme européen H2020 RustWatch**, sur les rouilles du blé, intitulé « A European early-warning system for wheat rust diseases » permettra de disposer d'un système d'avertissement précoce et d'un meilleur contrôle des races de rouille présentes en Europe. Ce programme piloté par l'Université d'Aarhus au Danemark a démarré au 1<sup>er</sup> mai 2018 pour 4 ans, intégrant 24 partenaires de 13 pays : des instituts de recherche, des offices d'examen, des instituts techniques et des sélectionneurs. Le Geves pilotera une tâche contribuant à l'identification précoce des nouvelles virulences des races de rouille jaune. Il a également la mission de coordonner le réseau VATE européen pour aider le réseau de surveillance à l'échelle européenne à renforcer le nombre de sites de collecte des souches pour une meilleure prédiction des races de rouille brune et de rouille noire.

**Le projet H2020 INVITE** « INnovations in plant Variety Testing in Europe to foster the introduction of new varieties better adapted to varying biotic and abiotic conditions and to more sustainable crop management practices » permettra d'améliorer l'efficacité de l'évaluation variétale (DHS, VATE) et les informations dont disposent les parties prenantes sur les performances des variétés dans diverses conditions de production. Basé sur l'étude de dix espèces végétales, le projet a pour objectif d'aider à la valorisation et à la promotion de variétés plus adaptées aux pratiques agricoles durable et plus résistantes au changement climatique. Ce projet, piloté par l'IRHS, a été accepté en décembre 2018 et démarrera mi-2019 pour une durée de 5 ans. Il regroupe 27 partenaires de 12 pays différents, dont 12 offices d'examen. Le Geves participera au développement de nouveaux outils de phénotypage et de génotypage des variétés, et à la mise en œuvre des modèles et des outils statistiques permettant de prédire la performance des variétés dans divers environnements. Il sera chargé du pilotage des actions de mise à disposition de ces outils aux services d'examen (y compris l'OCV) et aux évaluateurs de variétés.





## GEVES

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

### Des partenariats renforcés en matières de phénotypage et de biocontrôle

Le Geves a intégré officiellement l'UMT CAPTE début 2018. L'Unité Mixte Technologique « CAPteurs et Télédétection » a pour but de développer des outils de hautes technologies visant à mieux caractériser l'état et le fonctionnement des grandes cultures. Cette UMT est portée par Arvalis avec le soutien de l'Inra, l'ACTA, TERRES INOVIA, l'ITB et la société HIPHEN. De nouveaux outils permettant de démarrer du phénotypage au champ verront bientôt le jour sur les réseaux d'essais. Dans un premier temps l'accent sera mis sur le développement d'outils de phénotypage pour les activités DHS ainsi que pour la caractérisation des symptômes de maladies sur céréales pour la VATE.

Le Geves, de par son lien avec l'Inra et son implication dans le groupe Bibios, a rejoint en 2018 le Consortium Biocontrôle, un consortium public-privé Recherche – Développement – Innovation qui a pour ambition de favoriser l'innovation en biocontrôle et de développer les activités de l'industrie française du biocontrôle sur le territoire national. Ce consortium regroupe à ce jour 49 membres publics et privés. Par l'intégration conjointe avec l'Inra, le Geves apporte son expertise sur les semences et participe au développement de méthodes pour évaluer l'efficacité et la phytotoxicité de nouvelles solutions de biocontrôle.





## VEGEPOLYS

### 2018, une année riche en projets et active sur la préparation d'une nouvelle feuille de route pour le pôle

En 2018, Végépolys a labellisé ou soutenu 46 projets de R&D dont 16 ayant pour partenaires des équipes de la SFR Quasav.

17 projets ont été accompagnés et labellisés : 7 projets innovants collaboratifs (5 FUI, 2 régionaux), 10 projets innovants (6 Concours « Innovation », 1 Ademe Graine et 2 Instrument PME).

29 projets ont été soutenus par le pôle : 12 projets partenariaux (CASDAR, ANR LabCom, ANR Rose, thèse CIFRE, H2020 et LeapAgri), 3 projets structurants et 14 projets académiques (8 ANR, 1 projet CNRS et 5 projets RFI Objectif Végétal).



*La + value végétale*

### Deux exemples de projets

**PROTECT+ :** Ce projet innovant collaboratif accompagné et labellisé par Végépolys, sélectionné au FUI25 en mai 2018 implique l'équipe ResPom de l'IRHS. Son ambition est de déployer le biocontrôle, en priorité sur grandes cultures. PROTECT+ vise le développement d'une solution globale qui combine plusieurs leviers : i) une solution de biocontrôle innovante qui associe dans une même formulation des matières actives aux modes d'action complémentaires (de contact et systémique), ii) un méta-OAD prenant en compte les contraintes environnementales pour sélectionner la stratégie de traitement à retenir et ainsi appliquer le produit pertinent au bon moment.

**CASDAR VITI :** Ce projet soutenu par Végépolys et financé au CASDAR Innovation & Partenariat implique le GRAPPE de l'Esa. Il vise le développement d'outils de management environnemental de la filière Cognac en Charente pour accompagner le changement de pratiques vinicoles et accroître la RSE des entreprises.



## VEGEPOLYS

**VEGEPOLYS a réalisé la 3e édition de son concours** de start-up au croisement de la production végétale avec l'AgTech et/ou l'urbain. 32 candidatures ont été reçues de toute la France.

Parmi les 5 lauréats, GreenImpulse une start-up angevine en création qui développe de nouvelles solutions innovantes pour l'agriculture. Notons que Green Impulse s'appuie sur une technologie développée par 2 membres de Quasav : l'IRHS et le SONAS, technologie brevetée par l'Université d'Angers.

**En juillet 2018**, Végépolys a intégré 4 salariés de l'association Pôle Agronomique Ouest qui s'est dissoute. Ils forment désormais l'unité Précompétitive sur le végétal, VEGE'UP. Cette unité gère plusieurs projets de SOS PROTEINES et œuvre à faire émerger pour 2020 des projets pré-compétitifs pour les filières végétales.

Végépolys a mené différentes actions d'animations qui ont mis en avant les chercheurs de Quasav. Citons par exemple :

- La Journée Entreprises-Recherche sur la qualité des produits dans les filières Arboriculture, Maraîchage, Viticulture, Ornement et Plantes aromatiques et médicinales, en partenariat avec Objectif Végétal
- Présentation du projet d'innovation du Consortium Laris/Moltech Anjou/UMR IRHS /ez-Wheel à DESHERB'EXPO

**En octobre 2018**, Végépolys a déposé un dossier de candidature pour la phase 4 des pôles en s'alliant avec Céréales Vallée pour former un pôle mondial du Végétal qui embrassera l'ensemble des productions végétales et intégrera les problématiques de la production et des usages du végétal.

**VEGEPOLYS a également soutenu 2 colloques** organisés par des membres de la SFR :

- Epigenetic en octobre
- Les Rencontres du Végétal en décembre.

**Enfin, VEGEPOLYS, co-organisateur d'IHC 2022**, s'est déplacé au côté de la communauté scientifique et professionnelle au Congrès mondial de l'horticulture qui se tenait pendant une semaine en août à Istanbul. Ce fut l'occasion de promouvoir l'édition 2022 qui aura lieu à Angers et d'étudier l'expérience turque. La délégation française rassemblait plus de 50 personnes. Le flambeau a été transmis à la France !





# SFR QUASAV

## Structure Fédérative de Recherche Qualité et Santé du Végétal

La structure fédérative de recherche Quasav, mise en place en 2008, rassemble aujourd'hui la majorité des **forces de recherche sur le végétal** dans la région des Pays de la Loire. Ses objectifs scientifiques sont l'étude et la maîtrise des caractéristiques et processus qui contribuent à la **santé des plantes** et à la **qualité des produits** qui en sont issus, dans une perspective de **développement durable**.



**8**  
unités de recherche  
et 1 unité expérimentale



**6**  
établissements  
tutelles



**400**  
personnels  
dont 170 chercheurs et  
enseignants chercheurs



**6 900 m<sup>2</sup>**  
de serres et chambres  
de cultures

### 3 AXES DE RECHERCHE

- Gestion durable de la santé des plantes
- Biologie, qualité et santé des semences
- Qualités des productions végétales spécialisées

### 3 PLATEAUX TECHNIQUES MUTUALISÉS

- **Anan** : analyse des acides nucléiques
- **Imac** : imagerie cellulaire
- **Comic** : collection de microorganismes

### 3 PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES

- **Phenotic** : phénotypage des semences et des plantes
- **Phyto** : analyses phytochimiques
- **Sensoveg** : analyses sensométriques

**IRHS** | Institut de recherche en horticulture et semences | Inra, Agrocampus Ouest, Université d'Angers

**Sifcir** | Signalisation fonctionnelle des canaux ioniques et récepteurs | Université d'Angers, Inra

**Sonass** | Substances d'origine naturelle et analogues structuraux | Université d'Angers

**LBPV** | Laboratoire de biologie et pathologie végétales | Université de Nantes

**Leva** | Légumineuses, ecophysiologie végétale, agroécologie | Esa, Inra

**Grappe** | Groupe de recherche en agroalimentaire sur les produits et procédés | Esa, Inra

**Ephor** | Environnement physique de la plante horticole | Agrocampus Ouest

**BVO** | Bactériologie, virologie, OGM | Anses

**Horti** | Unité expérimentale horticole | Inra

**Equipe associée** : Écologie génétique des insectes (EGI) de l'**IGEPP** | Inra, Université Rennes 1, Agrocampus-Ouest

**Partenaires** : **BIA**, équipe polyphénols, réactivité, procédé | Inra  
**Geves** | Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences  
**Végépolys**, pôle de compétitivité à vocation mondiale

**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 1, Esa, Geves, Anses, Végépolys, RFI Objectif Végétal ;

**Couverture** : Tête d'*Aspergillus terreus*, Thomas Guillemette

**[www.sfrquasav-angers.org](http://www.sfrquasav-angers.org)**

SFR QUASAV  
42 rue Georges Morel  
49071 Beaucouzé Cedex