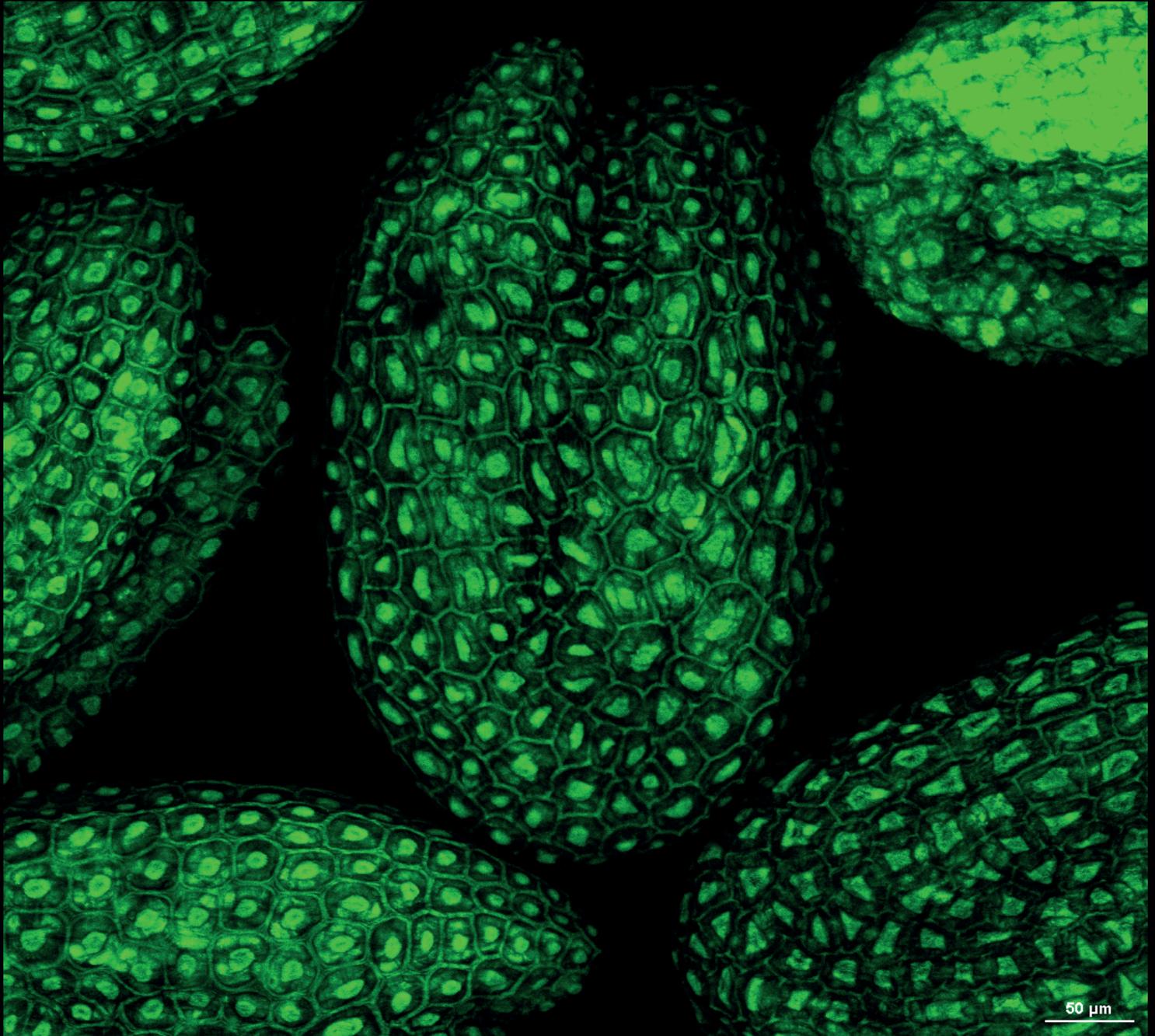


Pôle recherche Végétal SFR QUASAV et partenaires



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 2019. Ils sont à lire et à analyser au regard des missions que nous nous sommes fixées en début de ce 3^{ème} 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 2019 s'est avérée productive et dynamique pour les unités porteuses de la SFR QuaSaV puisque 109 articles scientifiques ont été publiés dans des revues internationales à comité de lecture, 24 articles l'ont été dans des revues non indexées ou sans comité de lecture, 112 autres communications ont été faites, 4 brevets ont été déposés et un total de 36 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 11 thèses a été soutenu et 9 étudiants se sont inscrits pour leur 1^{ère} année de thèse dans les unités porteuses de la SFR. Huit post-docs ont été engagés et 12 ont terminé leur contrat. Quatorze mobilités entrantes de courte durée (entre 1 semaine et 3 mois) ont été rapportées. Quarante-neuf projets ont été déposés en 2019, les réponses sont encore en attente pour 3 d'entre eux et 33 projets ont été acceptés pour un montant total subventionné pour les unités de la SFR de 1 953 k€. .

Ce document des Faits marquants 2019 de la SFR QuaSaV poursuit le travail engagé en 2017 pour aller vers un document plus synthétique. Il 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 INRAE
Directrice de la SFR

Thomas Guillemette
Professeur de l'Université d'Angers
Directeur-adjoint de la SFR



Sommaire

AXES SCIENTIFIQUES FEDERATEURS	4
AXE 1 « Gestion Durable de la Santé des Plantes »	5
Faits marquants	6
Rayonnement scientifique	12
AXE 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences »	14
Faits marquants	15
Rayonnement scientifique	20
AXE 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées »	23
Faits marquants	24
Rayonnement scientifique	28
MOYENS TECHNIQUES MUTUALISÉS	33
ANAN - ANalyses des Acides Nucléiques	34
COMIC - Collections de micro-organismes	36
IMAC - Microscopie et Imagerie Cellulaire	38
PHENOTIC - Phénotypage des Semences et des Plantes	41
PHYTO - Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires	44
SENSOVEG - Analyse Sensorielle	46
RUBRIQUES LIBRES	49
RFI Objectif Végétal	50
IRHS - Institut de Recherche en Horticulture et Semences	52
EPHOR – Environnement Physique de la plante HORTICOLE	54
GRAPPE - Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés	55
LEVA - Légumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie	56
SIFCIR - Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs	56
LSV-BVO – Bactériologie, Virologie et OGM	57
SONAS - Substances d’Origine Naturelle et Analogues Structuraux	58
IGEPP- équipe EGI - Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes	59
GEVES - Groupe d’Etude et de Contrôle de Variétés Et des Semences	60
VEGEPOLYS VALLEY	62
GLOSSAIRE	64



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 ECOFUN, EMERSYS, FUNGISEM, GDO, QUARVEG, RESPOM et VALEMA), du SIFCIR, du LBPV, du SONAS, du LEVA, de l'équipe EGI de l'IGEPP, de l'unité BVO du LSV-ANSES et sur les moyens d'expérimentation de l'Unité Horticole.

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 CONCERTO, EMERSYS, FUNGISEM, QUARVEG, SMS), du LBPV et du LEVA.

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 (devenue STRAGENE et STREMH0 en 2020), GDO, QUARVEG, VADIPOM), du SONAS, du GRAPPE et EPHor.

Les équipes IMHORPHEN et BIDEFI de l'IRHS contribuent aux 3 axes.

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 / chémotypage et traitement des données haut-débit.



Axe 1 - Gestion durable de la santé des plantes

Animateurs:

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



Nuage de mots des pages FM de l'axe 1

Focus sur une dynamique de l'axe : Méthodes alternatives de lutte contre les bioagresseurs – biocontrôle

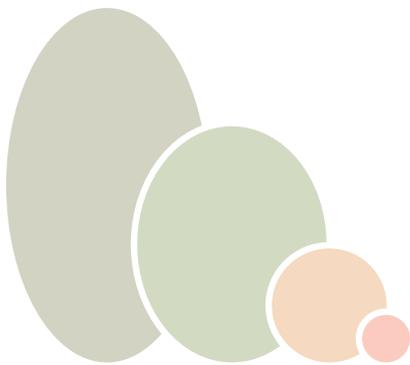
Dans un contexte où la diminution de l'usage des pesticides devient un sujet passionnel dans nos sociétés, les équipes de la SFR Qualité et Santé du Végétal préparent de nouvelles alternatives à la lutte chimique pour lutter contre les bioagresseurs que ce soient contre des champignons phytopathogènes ou des ravageurs. Un LabCom financé par l'ANR sur une durée de 3 ans (2019-2021, montant total : 300 000 €) et impliquant différentes équipes de l'IRHS travaillant en lien avec l'entreprise Hortensia France Productions s'est constitué en 2019. Piloté par l'IRHS-équipe STREMO, le **Labcom MATCH** a pour objectif d'identifier des Méthodes Alternatives aux Traitements Chimiques sur Hortensia notamment pour lutter contre *Botrytis cinerea*, agent de la pourriture grise.

L'équipe FUNGISEM de l'IRHS vient également d'obtenir un financement visant à identifier des souches de *Trichoderma* d'intérêt dans une perspective de biocontrôle contre les champignons et bactéries

phytopathogènes. Financé par la Région Pays-de-Loire pour une durée de 3 ans (2020-2023, montant global : 348 417 €), ce projet fédère plusieurs équipes de l'IRHS et associe des acteurs socio-économiques (Cybèle AgroCare, Mercier Frères, Vegepolys Innovation et l'ARELPAL).

Concernant la lutte contre les ravageurs, l'unité SIFCIR travaille sur l'optimisation de l'efficacité d'un insecticide par nano-encapsulation d'un agent synergisant (**Projet SynPuce**, financé par l'Université d'Angers, 2019-2021).

Dernier exemple d'innovation au sein des équipes de la SFR, une **demande de brevet sur une nouvelle méthode de biocontrôle** a été déposée en 2019 par l'IRHS-équipe ECOFUN. Cette méthode devrait permettre une réduction significative du nombre d'applications de fongicides pour lutter contre la tavelure du pommier.



Développement d'une qPCR multiplex pour la détection et l'identification simultanée des sous-espèces de *Xylella fastidiosa* : une méthode rapide et plus économique

Xylella fastidiosa est une bactérie phytopathogène de quarantaine en Europe, représentant une menace importante pour de très nombreuses productions agricoles (vigne, fruitiers du genre *Prunus*, oliviers...), ornementales, et plus largement pour l'environnement. En Europe, cette bactérie est désormais installée dans les Pouilles (Italie), aux Baléares (Espagne) et en Corse. Toute nouvelle détection de *X. fastidiosa* hors de ces zones entraîne la mise en place d'une procédure d'éradication dont les paramètres dépendent de la sous-espèce en cause. Par ailleurs, il a récemment été montré que la réussite de la procédure d'éradication dépendait essentiellement d'une détection précoce de l'infection. Ainsi, il est hautement prioritaire de pouvoir détecter et identifier cette bactérie rapidement et le plus finement possible.

Des signatures spécifiques des sous-espèces de *X. fastidiosa* ont été recherchées dans 46 séquences génomiques grâce à l'outil bioinformatique sklf. Des jeux d'amorces-sonde ont été dessinés sur ces fragments spécifiques pour chaque sous-espèce pour une utilisation en PCR Taqman, la méthode de référence en santé végétale pour sa sensibilité et spécificité. Les paramètres des jeux d'amorces-sonde (inclusivité, spécificité, et limite de détection) ont été validés *in silico*, *in vitro* et *in planta*. Ces jeux ont été multiplexés et leur utilité a été démontrée sur des gammes d'échantillons végétaux prélevés en Corse dont l'analyse était délicate avec la méthode d'identification actuellement

utilisée dans les laboratoires de référence (parce qu'en limite de détection de cette méthode). Le gain économique et en temps par rapport à cette méthode est également un point fort de ces outils.

L'intégration de cette nouvelle méthode dans la prochaine mise à jour du protocole de l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP) est planifiée au printemps 2020, ce qui permettra son appropriation et son utilisation par les laboratoires européens de référence pour la détection de *X. fastidiosa*.

CONTACT :

marie-agnes.jacques@inrae.fr
IRHS-équipe EMERSYS



Brûlures foliaires consécutives à l'infection par *Xylella fastidiosa* entraînant un déclin sévère des oliviers dans les Pouilles (MA Jacques, IRHS)

FINANCEMENT

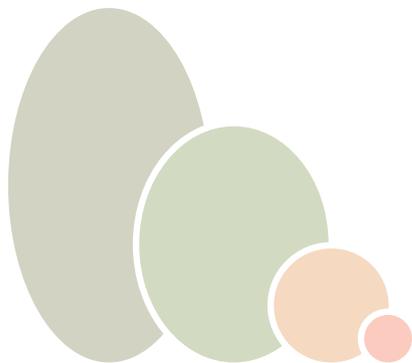
Cette nouvelle qPCR multiplex sous-espèce spécifique a été développée dans le cadre d'une thèse co-financée INRAE-ANSES. Ce travail a été réalisé dans le cadre des projets Européens POnTE (Pest Organisms Threatening Europe, 635646) et XF_ACTORS (*Xylella Fastidiosa* Active Containment Through a multidisciplinary-Oriented Research Strategy, 727987 538)

PARTENAIRES

LSV-Anses. Le projet a en outre bénéficié d'outils développés par l'équipe BiDeFi de l'IRHS, de l'implication du plateau technique ANAN de la SFR QuaSaV pour le séquençage des génomes de souches de *X. fastidiosa*, les extractions d'ADN et PCR en grandes séries.

PUBLICATION

Dupas E., Briand M., Jacques M.-A., and Cesbron S. (2019) Novel Tetraplex Quantitative PCR Assays for Simultaneous Detection and Identification of *Xylella fastidiosa* Subspecies in Plant Tissues. *Front Plant Sci* 10:1732. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01732>.



PCR digitale pour la détection *in planta* de *Xylella fastidiosa* : un outil performant

Xylella fastidiosa (*X. fastidiosa*) est une bactérie phytopathogène émergente en Europe depuis 2013. S'attaquant à plus de 560 espèces végétales dont des plantes d'intérêt socio-économique majeures, *X. fastidiosa* est classée comme organisme de quarantaine en Europe. En France, cette bactérie fait l'objet d'un plan de surveillance nationale depuis 2015, année de sa détection en Corse et en région PACA. Etant difficile à isoler, la détection et l'identification de la sous-espèce de *X. fastidiosa* se font directement sur échantillons végétaux avec des méthodes de PCR. Cependant, la présence d'inhibiteurs dans certaines plantes peut impacter l'efficacité de ces méthodes. La droplet digital PCR (ddPCR) est une technologie qui permet une compartimentation du mélange réactionnel de PCR en milliers de gouttelettes (une réaction PCR aura lieu dans chaque gouttelette) et présente de nombreux avantages. En effet, elle permet une quantification absolue de la cible recherchée en s'affranchissant de l'ajout d'une courbe standard et limite l'impact de la présence d'inhibiteurs sur l'efficacité de la réaction PCR.

L'objectif de ce travail était de transférer la PCR temps-réel (décrite par Harper et al, 2010) utilisée en routine pour la détection de *X. fastidiosa* par le Laboratoire National de Référence (LSV) en une droplet digital PCR (ddPCR), afin d'améliorer la détection de *X. fastidiosa* sur des matrices reconnues par le laboratoire comme étant riches en inhibiteurs de PCR. Les critères de performance de la ddPCR suivants ont été évalués selon le standard de l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP) PM7/98 et le digital MIQE: la sensibilité analytique, la répétabilité et la spécificité diagnostique. Cinq matrices végétales (polygale à feuille de myrte, lavande, olivier, chêne

vert et romarin) artificiellement contaminées avec une gamme de suspension bactérienne calibrée ont ainsi été testées. Les limites de détection observées pour la ddPCR et la PCR temps réel de référence,

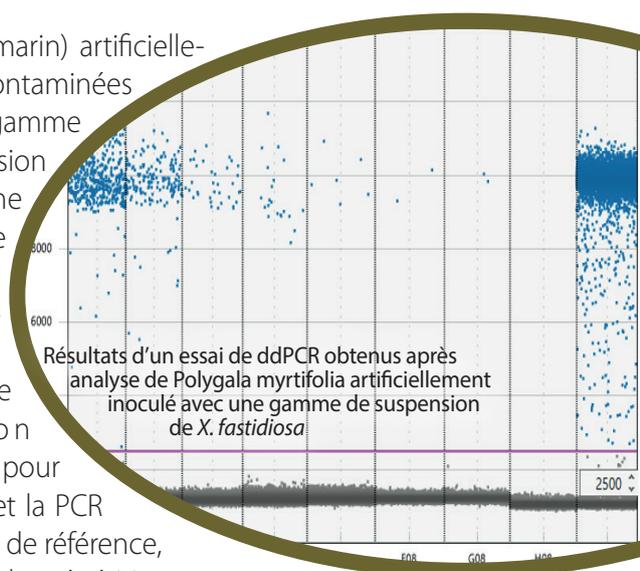
sur 100% des répétitions, sont similaires (103 bactéries/mL de macérât végétal). De plus, sur échantillons naturellement infectés, une forte corrélation a été observée entre les valeurs de Ct obtenues par PCR temps réel et la concentration mesurée par ddPCR. Cependant, la ddPCR s'est distinguée mettant en évidence la présence de *X. fastidiosa* sur deux échantillons déterminés négatifs en PCR temps réel.

La PCR digitale représente un nouvel outil performant pour la détection de *X. fastidiosa in planta* qui sera intégré dans la prochaine version du standard de OEPP Pm7/24 dédié à *X. fastidiosa*.

CONTACTS

enora.dupas@anses.fr
amandine.cunty@anses.fr
francoise.poliakoff@anses.fr

ANSES



FINANCEMENT

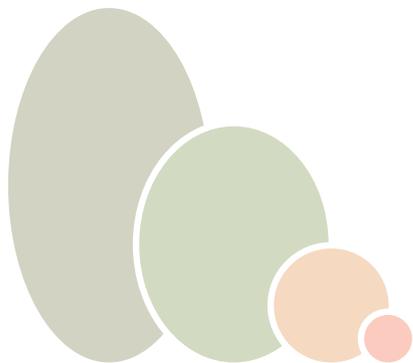
Cette étude a été menée dans le cadre d'une thèse cofinancée ANSES-INRAE.

PARTENAIRES

équipe EmerSys de l'IRHS

PUBLICATION

Dupas E., Legendre B., Olivier V., Poliakoff F., Manceau C., and Cunty A. (2019) Comparison of real-time PCR and droplet digital PCR for the detection of *Xylella fastidiosa* in plants. *Journal of Microbiological Methods* 162: 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2019.05.010>



Développer des variétés de carotte résistantes à *Alternaria dauci* c'est bien, mais seront-elles mangeables ?

Construire des génotypes à la fois résistants aux agents pathogènes tout en préservant la qualité organoleptique du produit final est essentiel et pourtant cette question a été très peu instruite jusqu'à présent.

Des travaux sur plusieurs années ont été menés afin de décortiquer différents mécanismes de résistance de la carotte à *A. dauci* et estimer leur potentielle complémentarité sans hypothéquer le niveau d'amertume potentiellement lié à une trop forte accumulation de certains métabolites associés à la résistance.

L'analyse des profils métaboliques de génotypes de carotte sensibles ou résistants à *A. dauci*, après attaque, ont permis de mettre en évidence deux mécanismes de résistance différents, mobilisant les voies des terpènes et des phénylpropanoïdes. Une approche de colocalisation entre QTL de résistance et QTL d'accumulation des métabolites suivi d'analyses transcriptomiques ont permis de préciser le lien entre certains de ces métabolites différentiels et la résistance de la carotte à *A. dauci*, ainsi que de mettre en lumière des gènes candidats à leur accumulation différentielle. Le lien entre métabolites accumulés dans les feuilles pour la résistance et dans les racines pour le goût a permis de proposer aux sélectionneurs une stratégie de sélection permettant de viser une plus forte résistance sans augmenter l'amertume des racines.

Les métabolites hautement corrélés à la résistance vont être étudiés plus en détail pour préciser leur mode d'action, les gènes responsables de leur accumulation et leur utilisation potentielle en tant que produit de biocontrôle.

CONTACT

valerie.leclerc@agrocampus-ouest.fr

IRHS-équipe QUARVEG



Analyse sensorielle permettant d'apprécier le niveau d'amertume des carottes

FINANCEMENT

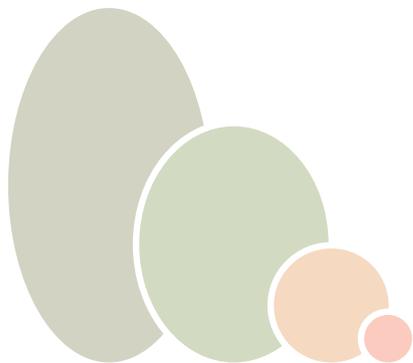
Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet Alterqual financé par FranceAgriMer, les travaux de thèse ont été financés dans le cadre du programme RFI Objectif Végétal par l'Université d'Angers et la Région Pays de la Loire

PARTENAIRES

Ces travaux sont le résultat d'une collaboration entre les équipes QuarVeg, FungiSem et IMORPHEN de l'IRHS à Angers ainsi que l'UMR 1311, INRAE-Université de Strasbourg, la station d'expérimentation Invenio et le Centre CTIFL de Saint Rémy de Provence.

PUBLICATION

Le Clerc V., Aubert C., Cottet V., Yovanopoulos C., Piquet M., Suel A., Huet S., Koutouan C., Hamama L., Chalot G., Jost M., Pumo B., Briard M. 2019. Breeding for carrot resistance to *Alternaria dauci* without compromising taste. *Molecular Breeding*. 39 : 59
Thèse Claude-Emmanuel Koutouan 2019 Université d'Angers.



Utilisation de technologies "vertes" innovantes pour la préservation de la qualité du raisin pendant le processus de maturation : des alternatives aux fongicides de synthèse

Avec la pression sociétale et les réglementations à venir sur la réduction des produits phytosanitaires en agriculture, il devient urgent de trouver des alternatives "vertes" à ces produits. En viticulture, 79% des produits concernent le traitement des attaques fongiques. Pour les limiter, une importante partie des recherches vise à produire du matériel végétal résistant (au mildiou et à l'oïdium essentiellement). Pour limiter les infections à *Botrytis cinerea* et au black rot, un traitement tel que l'eau électrolysée ou l'eau ozonée pourrait être une méthode complémentaire puisque des études préliminaires ont déjà démontré leur effet antimicrobien (traitements post-récolte). Par ailleurs, la détection rapide de la qualité du raisin est une demande émergente afin d'optimiser leurs productions et leurs coûts. Or les méthodes d'analyses classiques sont longues, utilisent des solvants organiques et peuvent générer des contaminations. Ainsi, développer des méthodes analytiques rapides et non destructives permettrait de mieux caractériser les raisins. Trois objectifs étaient poursuivis dans le cadre de ces travaux : 1/ Évaluer l'efficacité antifongique de traitements à l'eau ozonée et à l'eau électrolysée comme traitements "verts" sur la vigne ; 2/ Déterminer si l'utilisation de ces pratiques modifie la qualité des raisins ; 3/ Définir si la spectroscopie Raman ou l'imagerie hyperspectrale sont des méthodes alternatives pertinentes pour caractériser les raisins. Résultats : En plein champ, l'eau électrolysée a montré une efficacité relativement faible à limiter la propagation du mildiou lors du millésime avec une très forte pression sanitaire. Son efficacité était meilleure dans un vignoble en production conventionnelle par rapport à une production biologique. Lors du millésime suivant, avec une faible pression

sanitaire, l'eau électrolysée a montré autant d'efficacité que le traitement conventionnel et

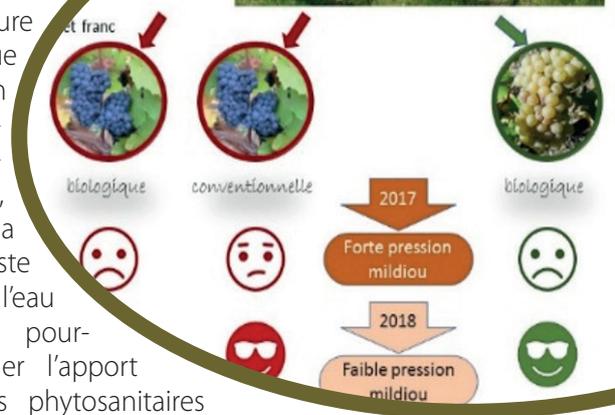
une meilleure efficacité que le cuivre en production biologique. Ainsi, lorsque la pression reste assez faible, l'eau électrolysée pourrait diminuer l'apport de produits phytosanitaires

au vignoble. Lors d'essais *in vitro*, en préventif, l'eau ozonée a montré une efficacité notable contre le mildiou. La qualité des raisins n'a pas été modifiée par l'utilisation de l'eau électrolysée et a été compatible avec des micro-vinifications avec et sans inoculation de levures (intérêt pour une production biologique). L'imagerie hyperspectrale est pertinente pour l'analyse de raisins : grâce à l'acquisition de spectres directement sur les raisins, il est possible de prédire leurs teneurs en sucre, acidité, humidité relative et même leur composition phénolique globale.

CONTACT

c.maury@groupe-esa.com

GRAPPE



FINANCEMENT

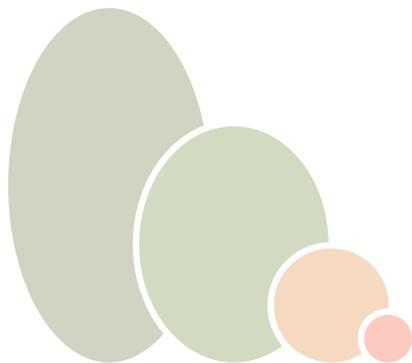
Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du programme RFI Végétal Objectif Végétal : projet de post-doctorant international O3GRAPE2.0 (sept. 2017-mars 2019) financé par la région Pays de la Loire et les Fonds Européens de Développement Régional.

PARTENAIRES

Unité GRAPPE (Angers) en partenariat avec l'Université de Turin (UniT) (Italie), Unité œnologie et microbiologie œnologique du Département des Sciences Agraires, Forestières et Alimentaires (DISAFA). Le projet a été réalisé en lien avec la Chambre d'Agriculture Pays de la Loire et le réseau DEPHY.

PUBLICATION

Giacosa S., Gabrielli M., Torchio F., Rio-Segade S., Moar Grobas A. M., Ricauda Aimonino D., Gay P., Gerbi V., Maury C., Rolle L. (2019). Relationship among electrolyzed water postharvest treatments on winegrapes and chloroanicoles occurrence in wine. Food Research International, 120, 235-243.



Modification de l'empreinte racinaire du pois en réponse au manque d'eau

La sécheresse induit en quelques heures une modification des acides aminés libérés par les racines.

Les molécules libérées par les racines (ou exsudats racinaires) laissent au sol une empreinte jouant un rôle important dans les interactions plante-micro-organismes du sol. Ces interactions peuvent aider la plante à se maintenir en bonne santé par une meilleure adaptation à son environnement. Les légumineuses (pois, haricots...) peuvent utiliser l'azote de l'air (via des bactéries symbiotiques racinaires) et en apporter une partie au sol par des exsudats. Un plant de pois peut ainsi déposer dans le sol jusqu'à 15% de son contenu en azote (Fustec et al. 2010). Une partie de cet azote est libérée sous forme d'acides aminés, très rapidement utilisés par les micro-organismes du sol.

Le dosage des acides aminés montre que leur concentration dans les racines augmente fortement 24h après un déficit hydrique. Après 48h, de nombreux acides aminés ont été exsudés et sont retrouvés dans le sol, au voisinage des racines (rhizosphère). Parmi eux, la Proline, l'Homosérine et l'Alanine peuvent aider la plante à résister au manque d'eau. En effet, ces acides aminés modifient les propriétés du sol et améliorent sa rétention en eau.

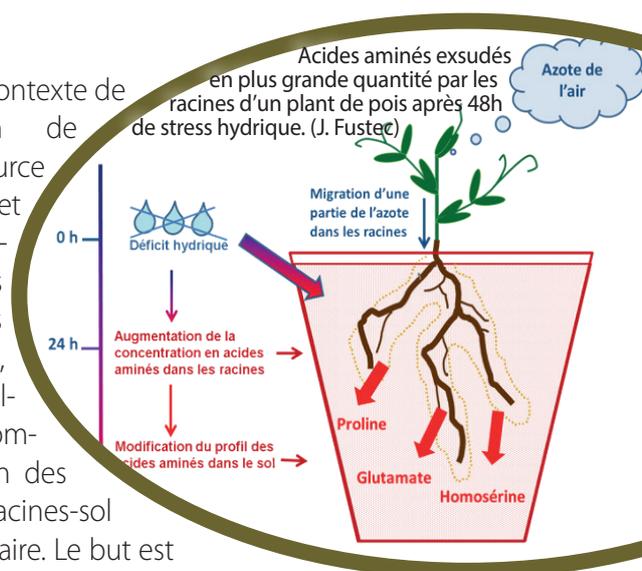
Dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau et de réduction des engrais chimiques, une meilleure compréhension des relations racines-sol est nécessaire. Le but est

d'utiliser ces interactions pour une bio-fertilisation des sols, au bénéfice de la nutrition et de la santé de la plante. Une telle approche permet de fournir des pistes à la sélection variétale, pour progresser vers une production agricole plus respectueuse de l'environnement et de la biodiversité, et résiliente face aux aléas climatiques.

CONTACT

j.fustec@groupe-esa.com

LEVA



FINANCEMENT

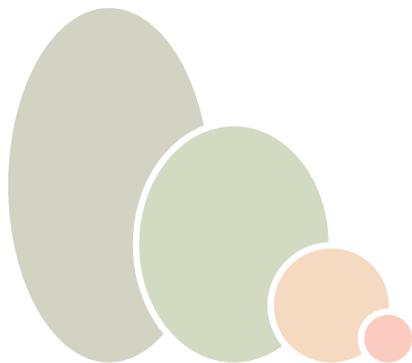
Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du Pari Scientifique RHIZOSFER financé par la Région Pays de la Loire

PARTENAIRES

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un partenariat étroit et transdisciplinaire entre deux unités de la SFR QuaSaV (co-direction de la thèse de Hélène Bobille) : le LEVA et l'IRHS-équipe SMS à Angers en collaboration avec EBSI-CESAM (Nantes).

PUBLICATION

Bobille B., Fustec J., Robins J. R., Cukier C., Limami A. M. (2019). Effect of water deficit on root exudation of amino acids by *Pisum sativum*. *Phytochemistry* 161, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.01.015>.



Défense et développement d'*Arabidopsis Thaliana* : Mise en évidence d'un peptide sécrété qui régule la réponse aux stress biotiques et l'élongation racinaire

Dans la réponse des plantes aux agressions des pathogènes, les peptides sécrétés jouent un rôle majeur dans la communication intercellulaire et l'initiation du signal permettant la mise en place d'une défense efficace.

En s'appuyant sur le fait que les gènes à l'origine de ces peptides de défense voient leur expression induite en réponse à des stress biotiques, une nouvelle famille de 14 gènes a été identifiée chez la plante modèle *Arabidopsis thaliana*. L'analyse bioinformatique de leur séquence a conduit à l'hypothèse que ces gènes sont à l'origine de précurseurs protéiques sécrétés (PROSCOOP) qui seront ensuite clivés pour générer de petits peptides fonctionnels (SCOOP). L'application exogène sur plantule de l'un de ces peptides (SCOOP12), synthétisé sur la base des prédictions bioinformatiques, déclenche effectivement à elle seule différentes réactions de défense : production d'espèces réactives de l'oxygène, expression de gènes clés de la réponse immunitaires (ex : FRK1) et renforcement des parois cellulaires par accumulation de callose.

L'étude de plantes mutantes ne produisant plus SCOOP12 a révélé que ce peptide, en plus d'être nécessaire à la production d'espèces réactives de l'oxygène dans les feuilles en réponse à un pathogène, pourrait réguler le taux d'espèces réactives de l'oxygène de manière constitutive dans les racines, taux dont on connaît la contribution dans le contrôle de l'élongation racinaire. Le mutant

proscop12 se caractérise en effet par des racines plus longues que les plantes sauvages (Figure 2). Les caractéristiques fonctionnelles de ces petits peptides sécrétés, à la frontière entre défense et développement, ouvrent des perspectives intéressantes en amélioration variétale pour une production végétale durable, tant sur le plan du contrôle de la croissance que de la lutte contre les bioagresseurs.



Arabidopsis thaliana

CONTACT

sebastien.aubourg@inrae.fr
IRHS-équipe BIDEFI

FINANCEMENT

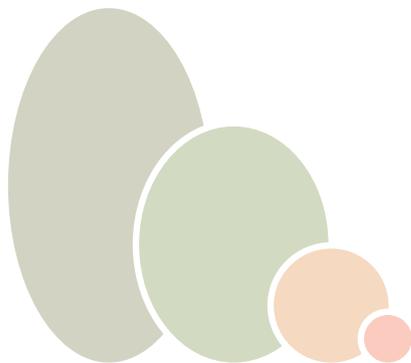
INRAE, Région Pays de la Loire (programme RFI Objectif Végétal)

PARTENAIRES

cette étude a été menée par l'IRHS (Angers) en collaboration avec l'Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris (iEES-Paris, UMR 7618) et l'Institut Jean-Pierre Bourgin (JJPB, UMR 1318).

PUBLICATION

Gully K*, Pelletier S*, Guillou M-C, Ferrand M, Aligon S, Pokotylo I, Perrin A, Vergne E, Fagard M, Ruelland E, Grappin P, Bucher E, Renou J-P, Aubourg S (2019). The SCOOP12 peptide regulates defense response and root elongation in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, 4:1349-1365. (* co-premier auteurs)

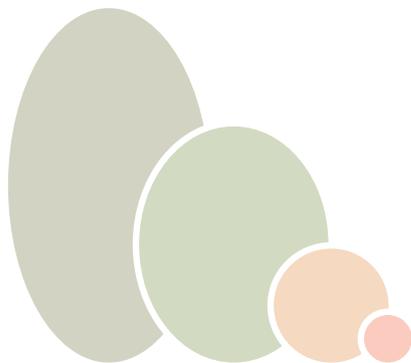


Accueil & Mobilités internationales

- **Alexandre DEGRAVE** de l'IRHS-équipe RESPOM à Angers a réalisé une mobilité au Plant & Food Research (NZ) du 20/09/2019 au 20/12/2019 au sein de l'équipe Host-microbe interaction de Joanna Bowen pour mettre en œuvre un projet "EXPLoring apple Induced Resistance with New-Zealand partners".
- **Kim PLUMMER**, professeur à La Trobe University en Australie a été accueillie en juin et juillet 2019 à l'IRHS-équipe ECOFUN à Angers pour ses recherches sur les gènes d'avirulence de *Venturia inaequalis* (projet financé dans la cadre de l'appel à projets mobilités internationales de l'Université d'Angers).
- **Yassine MABROUK**, du département biologie du Centre national des Sciences et Technologies Nucléaires en Tunisie a été accueilli 2 mois à compter du 15/03/2019 au LBPV à Nantes pour un projet "Biocontrôle Orobanche - Bactéries rhizosphériques".
- **César Auguste BADJI**, Professeur à l'Université Fédérale Rurale de Pernambuco au Brésil est accueilli pour 1 an depuis le 1/10/2019 au sein de l'unité IGEPP-équipe EGI à Angers dans le cadre d'une étude du comportement olfactif des insectes ravageurs soumis à des odeurs de plantes natives de milieu semi-aride brésilien. Un des objectifs du séjour est l'acquisition de méthodes d'étude, comme l'analyse de la réponse sensillaire des antennes de l'antenne.

Perspectives : initiation de nouveaux projets

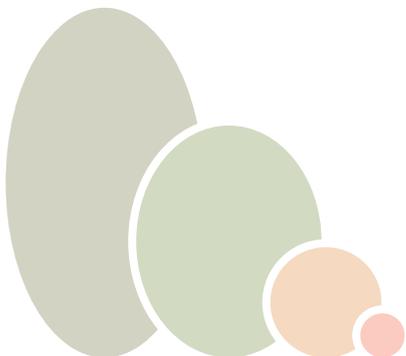
- **DiVicia** (2020-2023) Utilisation et conduite des espèces du genre *Vicia* pour des systèmes agricoles durables et résilients s'appuyant sur la biodiversité (PRIMA – J Fustec) 157 k€. Ce projet coordonné par le LEVA à Angers réunit 13 partenaires.
- **FlaResCA**d (2019-2022) Flavonoïdes et résistance de la carotte à *Alternaria dauci* (RFI Objectif Végétal, défi scientifique – M Briard, IRHS-équipe QUARVEG – JJ Helesbeux, SONAS) 19k€, allocation de thèse Université d'Angers.
Le projet a pour objectif de déchiffrer le rôle des flavonoïdes dans la résistance et d'évaluer le contrôle de leur accumulation par deux gènes candidats, d'évaluer l'impact direct des flavonoïdes sur l'agent pathogène et de déterminer s'il s'agit de molécules de défense présentant une activité antifongique ou de marqueurs de la résistance de la carotte à *A. dauci*. La méthode du fractionnement bioguidé sera développée pour la première fois dans l'équipe sur cette plante hôte. Cette vision intégrée du rôle des flavonoïdes et des composés apparentés dans la résistance à *A. dauci* permettra de proposer des outils aux sélectionneurs de carottes.
- **SPADES** (2019-2022) Caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle famille de peptides sécrétés impliqués dans la défense et le contrôle du développement chez *Arabidopsis* (RFI Objectif Végétal, défi scientifique – S. Aubourg, IRHS-Bidefi) 17,5 k€ région Pays de la Loire, allocation de thèse Université d'Angers. L'objectif du projet est de déchiffrer la voie de signalisation déclenchée par le peptide SCOOP12 et élargir la caractérisation fonctionnelle aux 13 autres paralogues de SCOOP12 identifiés dans le génome d'*Arabidopsis* ; de comprendre le rôle de SCOOP12 dans les voies de défense et en tant que modérateur de l'élongation des racines. L'étude du peptide végétal, nouvelle mine de fonctions physiologiques des plantes, est un sujet émergent au sein de l'IRHS. De plus, la famille SCOOP présente un caractère très original en raison de la diversité relative de ses séquences de motifs, contrairement à tous les peptides sécrétés modifiés post-traductionnellement déjà publiés. Ces travaux permettront de mieux exploiter les défenses génétiques des plantes dans un contexte d'agriculture durable.



Rayonnement scientifique

Axe 1 - Gestion durable de la santé des plantes

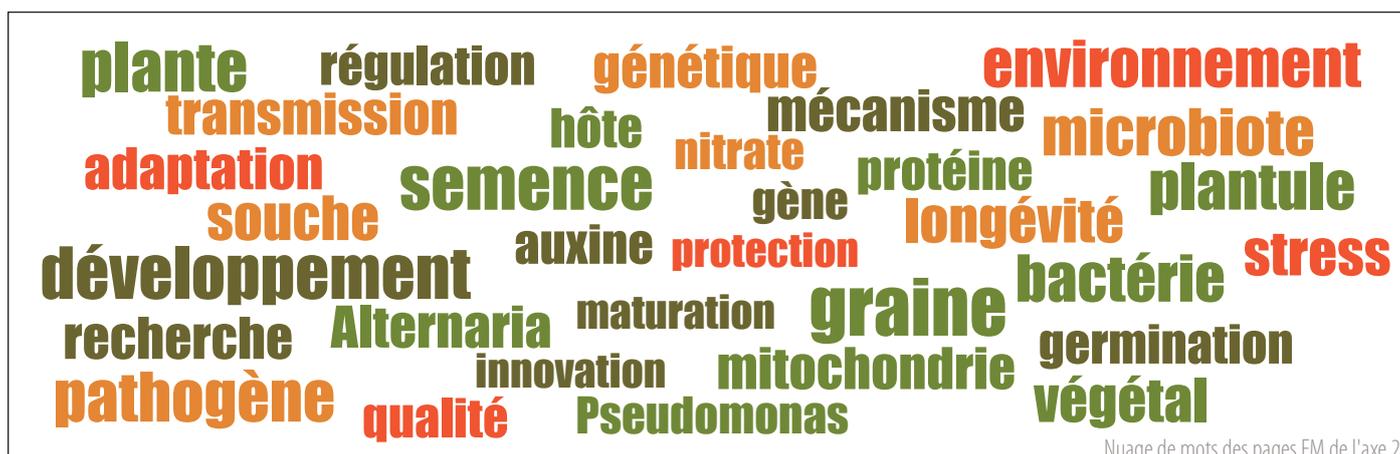
- **Thèse CIFRE** (2019-2022) entre l'IRHS-équipe FUNGISEM (T. Guillemette) et équipe RESPOM (MN Brisset) et la Start-Up GREEN IMPULSE. Ce projet fait suite à un projet de maturation soutenu par la SATT Ouest Valorisation et a pour objectif le développement d'un nouveau concept de protection des cultures basé sur l'application de sensitines® (molécules sensibilisant les mycètes phytopathogènes aux défenses des plantes) associées à des SDP (stimulateurs de défenses des plantes).
- **UPROAR** (2019-2022) Conception in silico-guidée d'antifongiques hémisynthétiques ciblant la voie « Unfolded Protein Response » (UPR) : vers une protection alternative des cultures (RFI Objectif Végétal, défi scientifique – P Richomme, SONAS en collaboration avec l'IRHS-équipe FUNGISEM) 110 k€ Angers Loire Métropole, Région Pays de la Loire. Le projet a pour objectif d'identifier, à partir de sources naturelles renouvelables, de nouveaux inhibiteurs de la voie UPR des phytopathogènes fongiques. Il s'agirait d'une nouvelle gamme de sensitines®. Appliquées à faibles doses et « restaurant » les défenses naturelles des végétaux vis à vis des phytopathogènes, elles apparaissent comme une alternative potentielle à l'utilisation de produits agrochimiques dans la protection des cultures. En cas de succès des bioessais *in planta*, une application industrielle pourrait être envisagée.



Axe 2 - Qualité physiologique et sanitaire des semences

Animateurs:

Matthieu Barret (IRHS-équipe EMERSYS)
et Olivier Leprince (IRHS-équipe CONSERTO)



Focus sur une dynamique de l'axe :

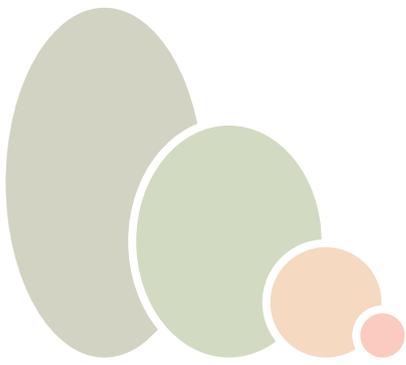
Identifier et développer des solutions innovantes pour mettre fin à l'utilisation des pesticides de synthèse sur les semences

Dans le cadre du plan prioritaire de recherche « Cultiver et Protéger Autrement », des équipes de l'unité IRHS et du GEVES se sont mobilisées pour construire le projet SUCSEED en concertation avec une quinzaine de partenaires académiques et privés.

Le projet SUCSEED repose sur la nécessité d'identifier et de développer des solutions innovantes à la protection des semences via des approches naturelles, efficaces et éco-responsables. Ce projet vise à faire de la semence un acteur central de la gestion de la

santé des plantes en se concentrant sur deux problèmes phytosanitaires majeurs : (i) les agents pathogènes transmis à et par les semences et (ii) les fontes de semis.

Ces recherches seront conduites sur quatre espèces végétales d'intérêt agronomique : blé, tomate, haricot commun et colza, et leurs agents pathogènes majeurs respectifs.



Comment le champignon *Alternaria* s'adapte à la phase de dessiccation des semences ?

Dans la pathologie d'*Alternaria brassicicola* transmis par les semences, des protéines de type hydrophobes ont été identifiées.

Ce travail s'inscrit autour des connaissances de l'interaction entre la semence et un agent pathogène fongique. Certains agents pathogènes tels qu'*Alternaria brassicicola*, sont capables de se conserver au niveau des semences et de se transmettre ainsi à la plantule à venir. Pour déployer ce type de stratégie parasitaire, ces organismes se doivent de mettre en œuvre des mécanismes particuliers de tolérance aux contraintes hydriques auxquelles ils sont soumis au cours de la phase de dessiccation de la semence. Les protéines de type hydrophobes présentent des caractéristiques physico-chimiques particulières et peuvent participer à la protection des cellules contre des stress hydriques. Les hydrophobes ont été identifiées chez *Alternaria brassicicola* afin d'appréhender leur implication dans la pathogénie de ce champignon transmis par les semences.

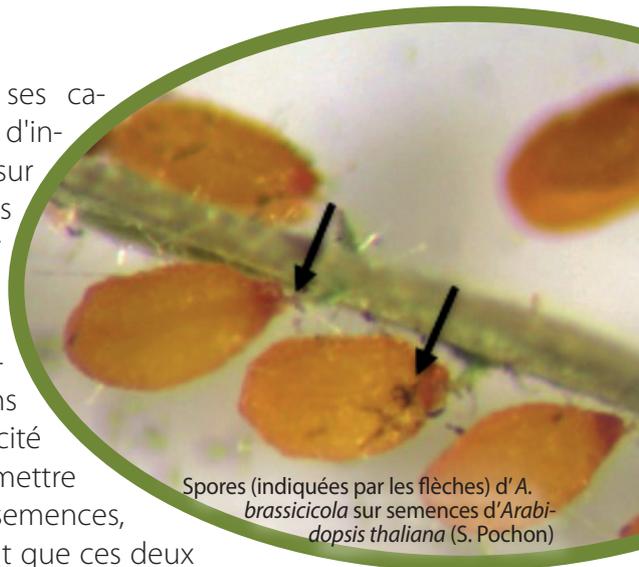
À partir de la séquence génomique d'*A. brassicicola* et en se basant sur des critères structuraux et d'expression, un répertoire de 20 hydrophobes a été identifié. Le rôle de deux de ces hydrophobes au cours du cycle infectieux a ensuite été étudié en générant des mutants fongiques incapables de produire l'une ou l'autre de ces protéines. Chacun de ces mutants

conserve ses capacités d'infection sur feuille. Ils sont par contre à re fortement affectés dans leur capacité à se transmettre aux semences,

confirmant que ces deux acteurs de la réponse aux stress hydriques jouent un rôle majeur dans cette étape clé du cycle infectieux. La compréhension et la caractérisation des mécanismes de transmission des agents pathogènes aux semences constituent une étape cruciale pour envisager le déploiement de stratégies innovantes visant à limiter les pathologies sur semences.

CONTACT :

thomas.guillemette@univ-angers.fr
IRHS-équipe FUNGISEM



FINANCEMENT

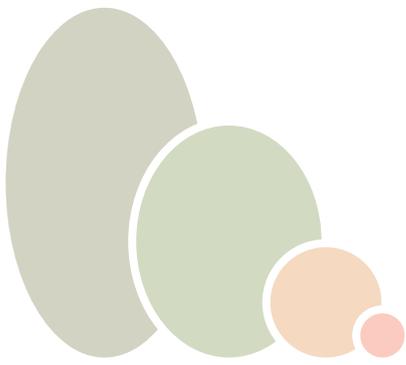
Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet FUNHY financé par la Région Pays de la Loire dans le cadre du programme RFI Objectif Végétal.

PARTENAIRES

IRHS-équipes FUNGISEM et BIDEFI d'Angers en collaboration avec le plateau technique ANAN de la SFR QuaSaV pour ses compétences en matière d'analyses transcriptomiques et l'équipe "Sucres & Echanges Végétaux-Environnement" de l'UMR CNRS 7267 EBI Ecologie et Biologie des Interactions, Université de Poitiers.

PUBLICATION

N'Guyen G, Raulo R, Marchi M, Agustí-Brisach C, Iacomini B, Pelletier S, Renou JP, Bataillé-Simoneau N, Campion C, Bastide F, Hamon B, Mouchès C, Porcheron B, Lemoine R, Kwasiborski A, Simoneau P, Guillemette T. (2019) Responses to hydric stress in the seed-borne necrotrophic fungus *Alternaria brassicicola*, *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2019.01969.



Origine de la maladie de la nervation blanche de la courgette : caractérisation de lignées génétiques de *Pseudomonas syringae* pour proposer à terme des méthodes de lutte adaptées

La courgette (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo*) est affectée par la nervation blanche, une maladie qui impacte le développement des plantules. Les bactéries responsables de la maladie sont morphologiquement diverses et sont transmises par les semences. Ces bactéries ont précédemment été informellement nommées *Pseudomonas syringae* pv. *peponis*. L'objectif de cette étude est d'améliorer la connaissance de la diversité génétique de ces agents pathogènes et de caractériser leur pouvoir pathogène.

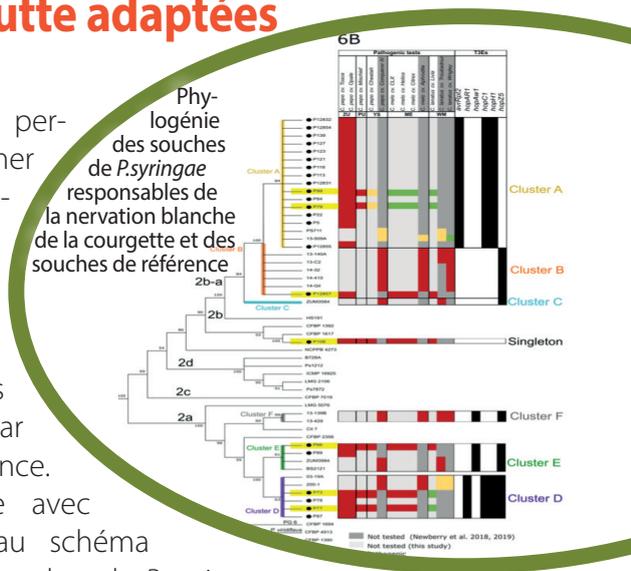
L'analyse de quatre fragments de gènes de ménage (multilocus sequence analysis, MLSA) sur une collection de 58 souches montre l'existence de deux groupes génétiques principaux. La comparaison des séquences génomiques révèle des sous-groupes qui sont en accord avec le pouvoir pathogène des souches et avec leur répertoire d'effecteurs de type III, déterminants majeurs du pouvoir pathogène de ces souches. Un sous-groupe majoritaire correspond à ce qui avait été antérieurement appelé *peponis* et contient des souches à gamme d'hôtes étroite, restreinte au genre *Cucurbita*. Les autres souches ont une gamme d'hôtes étendue au genre *Cucumis* et parfois aussi *Citrullus*. La recherche de k-mers spécifiques à ces sous-groupes a permis de proposer de nouveaux gènes pour compléter le schéma MLSA afin de révéler la diversité des souches de *P. syringae* pathogènes des cucurbitacées.

Ce travail permet d'estimer la distribution de souches bactériennes transmises à et par la semence.

Le typage avec ce nouveau schéma MLSA de souches de *P. syringae* isolées de cucurbitacées malades permettra de mieux comprendre leur distribution et l'origine des épidémies, afin de proposer à terme des méthodes de lutte adaptées pour la filière semencière. La démarche adoptée pour le design du nouveau schéma MLSA (basée sur la recherche de k-mers spécifiques dans des gènes ubiquistes) pourra être transposée à d'autres pathosystèmes.

CONTACT :

armelle.darrasse@inrae.fr
IRHS-équipe EMERSYS



FINANCEMENT

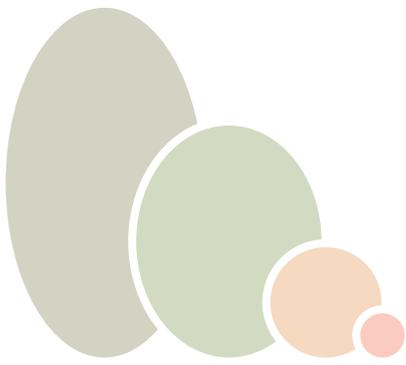
Thèse CIFRE.

PARTENAIRES

Ce travail a été réalisé à l'IRHS-équipe EmerSys à Angers avec le soutien du plateau ANAN pour le séquençage des génomes. Les outils bio-informatiques adaptés à la problématique ont été développés dans l'équipe EmerSys en relation avec l'équipe Bidefi de l'IRHS.

PUBLICATION

Lacault C, Briand M, Jacques M-A, and Darrasse A. (2019). Zucchini vein clearing disease is caused by several lineages within *Pseudomonas syringae* species complex. *Phytopathology*, <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-19-0266-R>



Assemblage du microbiote des graines de colza : influence de l'environnement et du génotype de l'hôte

Les semences hébergent un cortège microbien diversifié, ou microbiote, composé de virus, bactéries et micro-eucaryotes. A ce jour les processus écologiques impliqués dans son assemblage sont encore méconnus. Des travaux pionniers réalisés sur haricot avaient démontré une influence significative de la zone de production dans la structure taxonomique du microbiote des graines. L'objectif des travaux était d'étudier l'influence relative de l'environnement et du génotype de la plante hôte dans la composition taxonomique du microbiote des graines d'une autre plante d'intérêt agronomique : le colza.

La composition du microbiote des graines de neuf génotypes de colza collectées pendant deux années successives a été estimée par séquençage d'amplicon. L'analyse de ces données a mis en évidence un impact significatif de l'environnement et du génotype de l'hôte dans les changements de composition du microbiote des graines. Ces modifications taxonomiques du microbiote des graines de colza ont été corrélées à des différences de cinétique de germination en conditions contrôlées (plateforme Phenotic, cf figure).

La sélection par l'environnement et par l'hôte sont deux processus impliqués dans les changements de composition du microbiote des graines. Ces changements semblent en retour impacter la fitness de la

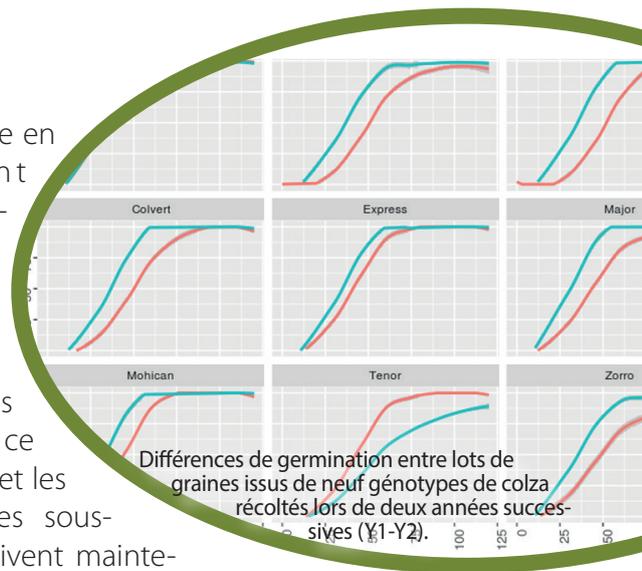
plante hôte en modifiant sa cinétique de germination.

Les taxons microbiens associés à ce processus et les mécanismes sous-jacents doivent maintenant être étudiés.

Ce travail a permis d'initier une thématique de recherche au sein de la SFR entre équipes s'intéressant à la qualité germinative et qualité sanitaire des graines.

CONTACT :

alain.sarniguët@inrae.fr
IRHS-équipe EMERSYS



FINANCEMENT

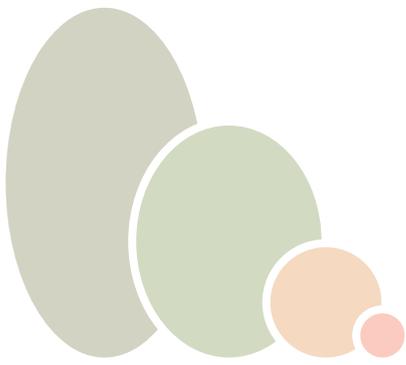
Cette étude a bénéficié d'un financement par le metaprogramme INRAE metaomics et écosystèmes microbiens, pour l'environnement de la thèse co-financée par INRAE-département SPE et le Conseil Régional de Bretagne (ARED).

PARTENAIRES

Ce travail a été réalisé au sein de l'IRHS-équipe EmerSys à Angers en collaboration avec l'unité IGEPP à Rennes, la plateforme Phenotic (IRHS-GEVES) et le soutien du plateau technique ANAN de la SFR QuaSaV.

PUBLICATION

Rochefort A, Briand M, Marais C, Wagner MH, Laperche A, Vallée P, Barret M, Sarniguët A. (2019.) Influence of environment and host plant genotype on the structure and diversity of the *Brassica napus* seed microbiota. *Phytobiomes J.* <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-06-19-0031-R>



Un nouveau signal pour la longévité des graines

Conserver des semences à l'état sec est la solution la plus efficace et la moins coûteuse pour préserver les ressources génétiques et maintenir la qualité germinative des lots avant le semis. Comprendre la longévité, c'est-à-dire la capacité de rester vivant pendant le stockage, répond donc aux enjeux de l'agriculture. Cependant cela reste un défi majeur en raison du manque de connaissances sur les mécanismes qui régissent l'acquisition de la longévité pendant le développement des graines.

L'auxine est une phytohormone régulant de nombreux processus liés à la croissance et au développement des plantes. De manière inattendue, des chercheurs INRAE, Agrocampus Ouest et Université d'Angers ont découvert que l'auxine régule également de manière très fine l'acquisition de la longévité pendant la maturation de graines chez *Arabidopsis*. Cette régulation se fait par une augmentation de l'activité de signalisation de l'auxine : plus elle est importante et plus les graines en développement gagnent en longévité. De plus, cette activité, au départ fortement localisée dans les tissus vasculaires dans les graines immatures, se redistribue de manière homogène partout dans l'embryon au moment de l'acquisition de la longévité. Le rôle de l'auxine dans la longévité est notamment d'activer les voies de réponse à l'acide abscissique, un autre régulateur important de la longévité qui enclenche les gènes impliqués

dans la protection des cellules à l'état sec.

Ce nouveau rôle de signalisation de l'auxine dans le développement des graines

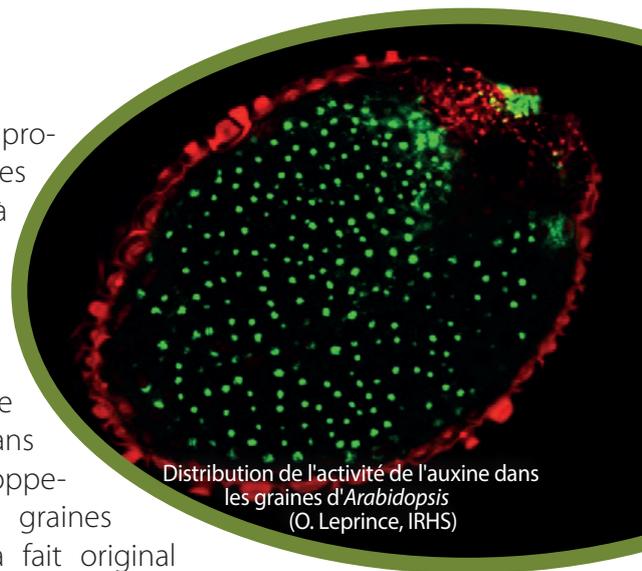
est tout à fait original

car jusqu'à présent, on pensait qu'il était cantonné aux phases de l'embryogenèse. Ce travail offre un nouveau modèle permettant de comprendre les interactions auxine / acide abscissique car il combine développement de la graine et mécanismes adaptatifs qui permettent la dispersion de l'espèce.

CONTACT :

julia.buitink@inrae.fr

IRHS-équipe CONCERTO



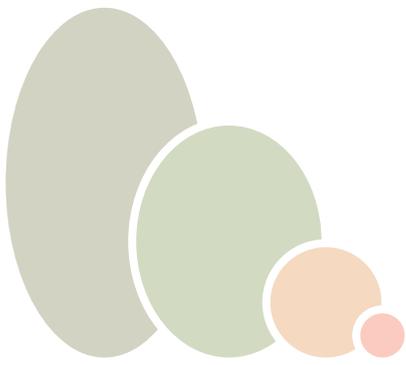
Distribution de l'activité de l'auxine dans les graines d'*Arabidopsis*
(O. Leprince, IRHS)

PARTENAIRES

cette étude a été menée au sein de l'UMR IRHS à Angers en collaboration avec des chercheurs du RIKEN (Centre of Sustainable Resource Science) au Japon et l'appui technique du plateau IMAC de la SFR QuaSaV.

PUBLICATION

Anthoni Pellizzaro, Martine Neveu, David Lalanne, Benoit Ly Vu, Yuri Kanno, Mitsunori Seo, Olivier Leprince, Julia Buitink (2019). A role for auxin signaling in the acquisition of longevity during seed maturation. *New Phytologist* doi.org/10.1111/nph.16150



Surprenante résilience des plantules d'*Arabidopsis* : leur plasticité métabolique leur permet de survivre pendant des semaines sans apport de minéraux

Dans le cycle de vie des plantes, les plantules ont une mission cruciale qui est d'assurer l'installation des plantes, avec pour seules ressources leur capacité photosynthétique et les réserves qui n'ont pas été consommées lors de la germination. De ce fait, le stade plantule est généralement considéré comme éminemment vulnérable face à des stress environnementaux. Comprendre les mécanismes qui permettent aux fragiles plantules de réussir leur mission dans ces conditions défavorables est un enjeu majeur pour l'implantation des cultures dans le contexte du changement climatique.

Dans un système de culture original de culture liquide (eau minérale d'Evian) les graines d'*Arabidopsis thaliana* germent rapidement et forment des plantules dont les cotylédons sont photosynthétiques, mais le développement reste bloqué à ce stade du fait de la carence en éléments minéraux. Ces plantules montrent cependant une remarquable tolérance à ces conditions drastiques puisqu'elles restent parfaitement viables pendant plusieurs semaines et sont capables de reprendre un développement normal après transfert dans un milieu plus riche en éléments minéraux (terreau). Ces plantules bloquées dans leur développement adaptent leur métabolisme pour survivre sans croître, recyclant leurs éléments et dissipant l'excès d'énergie lumineuse grâce à la photorespiration et à une enzyme mitochondriale de la chaîne de transfert d'électrons (l'oxydase alterne).

Elles stockent massivement le carbone sous forme d'un acide organique (le malate) stocké dans les vacuoles, et accumulent également des lipides de réserve dans des gouttelettes lipidiques (plastoglobules) localisées au sein des chloroplastes.

Ces résultats démontrent que des plantules confrontées à une forte carence minérale peuvent adapter leur physiologie et leur métabolisme pour survivre, mais sans compromettre leur croissance ultérieure quand les conditions redeviennent favorables. Un tel système résilient est particulièrement adapté pour disséquer les mécanismes de tolérance aux stress environnementaux sur la physiologie des plantes, indépendamment du développement.

CONTACT :

david.macherel@univ-angers.fr

IRHS-équipe SMS



FINANCEMENT

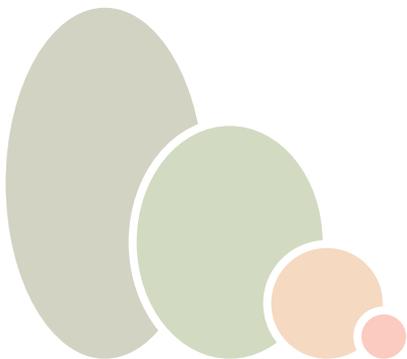
Projet ACCLIMHOT, Université d'Angers, programme RFI Objectif Végétal.

PARTENAIRES

ce travail a été mené par l'UMR IRHS en collaboration avec l'UMR IJPB pour l'analyse des acides gras et la plateforme IMAC de la SFR QuaSaV pour la microscopie.

PUBLICATION

Réthoré E, d'Andrea S, Benamar A, Cukier C, Tolleter D, Limami A, Avelange-Macherel MH, Macherel D (2019). *Arabidopsis* seedlings display a remarkable resilience under severe mineral starvation using their metabolic plasticity to remain self-sufficient for weeks. The Plant Journal, doi.org/10.1111/tpj.14325



Rayonnement scientifique

Axe 2 - Qualité physiologique et sanitaire des semences

Revue et articles d'opinion

- Verdier J, Leprince O, Buitink J. (2019) A physiological perspective of late maturation processes and establishment of seed quality in *Medicago truncatula* seeds. In The Model Legume *Medicago truncatula*, F de Bruijn (ed), John Wiley & Sons, pp 45-55
- Barret M, Dufour P, Durand-Tardif M, Mariadassou M, Mougél C, Perez P, Roumagnac P, Sanguin H, Steinberg C, Szambien M. (2019). Optimize the plant microbiota to increase plant growth and health. GIS BV Position Paper. <https://www.gisbiotechnologiesvertes.com/fr/publications/position-paper-optimize-the-plant-microbiota-to-increase-plant-growth-and-health>

Organisation de colloque

- **Graines 2019** : l'édition 2019 du colloque du réseau Français de Biologie des Graines s'est tenu à Agrocampus Ouest à Angers du 21 au 23 mai 2019 sur le thème "Biologie des graines et transition écologique". Le réseau rassemble la communauté scientifique française travaillant sur la biologie des graines, leur développement, leur adaptation au milieu et leurs utilisations alimentaires et non-alimentaires.

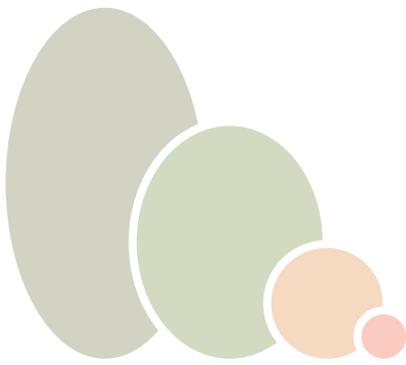
Ce réseau, créé en 2006, permet de fédérer les interactions entre équipes travaillant, sur plusieurs sites en France, sur les graines dans différentes disciplines. L'édition 2019 a réuni 120 participants et a permis de valoriser les travaux de recherche de la SFR QuaSaV avec 13 intervenants dont des doctorants et post-doctorants. Le programme complet du colloque est disponible sur le site <https://colloque.inrae.fr/graines2019angers/Colloque-Graines-2019>.

Contact : Béatrice Teulat (IRHS-équipe SMS).



Invitations à des colloques internationaux ou conférences internationales

- **Buitink J.** Seeds and the secrets of survival, Physiological aspects of reversible drying in eukaryotes – DRY-NET Conference, Modena, 12 Sept 2019.
- **Barret M.** Processes involved in assembly and dynamics of the seed microbiota - John Lawrence Seminars Series, Berkeley France, 30 April 2019.



Rayonnement scientifique

Axe 2 - Qualité physiologique et sanitaire des semences

Accueil & mobilités internationales

- **Cardoso Caroline**, étudiante Ingénieure agronome à l'UNESP (Brésil) accueillie en stage de M2 à l'IRHS-équipe CONCERTO du 11/6/2019 au 24/6/2019, pour étudier le rôle des sucres RFO dans la longévité des graines du soja en caractérisant des mutants déficients en raffinose synthase.
- **Chesneau Guillaume**, doctorant de l'IRHS-équipe EMERSYS, a séjourné du 29/04/2019 au 10/05/2019 dans le laboratoire d'Adam Arkin (LBNL, Berkeley, USA) pour réaliser des banques de RB-TnSeq (Fonds France Berkeley). Ces banques effectuées sur des souches bactériennes fréquemment retrouvées au sein du microbiote des semences vont permettre d'étudier les déterminants impliqués dans la transmission à et par la graine.
- **Iacomi Béatrice** (Université de Bucarest, Roumanie) accueillie à l'IRHS-équipe FUNGISEM (financement du Conseil Scientifique de l'Université d'Angers dans le cadre de l'appel à projets MIR pour les mo-

bilités internationales) pour le projet CAPacITy du 1/06/19 au 30/06/19 et du 16/10/19 au 31/10/19.

- **Pirreda Michela**, doctorante italienne de l'Université polytechnique de Madrid accueillie à l'IRHS-équipe CONCERTO du 11/9/2019 au 21/12/2019 pour étudier les variations épigénétiques au cours du vieillissement des graines d'*Arabidopsis*.
- **Tarkowsky Lukasz**, post-doctorant polonais accueilli à l'IRHS-équipe SMS du 15/10/2019 jusqu'au 14/04/2021 dans le cadre du projet RFI Objectif Végétal ECLenus, après une thèse à l'Université de Leuven (Belgique).
- **Vidovic Marija**, chercheuse à l'université de Belgrade, Serbie, accueillie à l'IRHS-équipe SMS du 13/03/2019 au 4/04/2019 dans le cadre d'un projet PHC France Serbie SAVIC (Régulation des flux C et N des métabolismes primaires et secondaires en réponse à la lumière de forte intensité (2018-2019)).

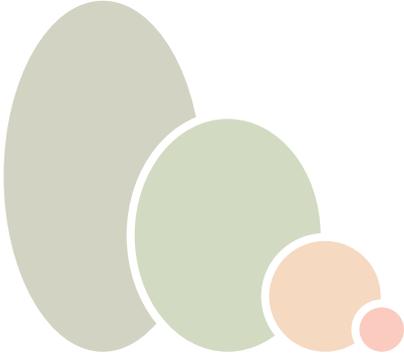
Perspectives : initiation de nouveaux projets

- **ECLenus** (2019-2021) – Explorer de nouvelles pistes pour contrôler la signalisation et l'utilisation du nitrate chez les légumineuses RFI Objectif Végétal, défi scientifique (Postdoc L Tarkowsky) Budget 103 k€.
Diminuer la sensibilité de la croissance des racines au nitrate pourrait être une technique simple pour améliorer l'installation des légumineuses cultivées quelle que soit la teneur en nitrate des sols mais aussi un moyen d'augmenter l'efficacité d'utilisation de l'azote (NUE), avec un double bénéfice aux niveaux de l'environnement et du rendement. L'objectif du projet ECLenus est de déterminer l'impact de la diminution de la sensibilité au nitrate sur le métabolisme de l'azote et sur l'efficacité d'utilisation de l'azote (NUE) chez la légumineuse modèle, *Medicago truncatula* en utilisant des omiques fonc-

tionnelles (métabolomique et fluxomique) et des isotopes.

Partenaires : IRHS-équipe SMS, Angers ; UMR Génétique Quantitative et Evolution, Paris-Saclay.

- **epiDT** (2019-2021) – Caractérisation des modifications d'accessibilité à la chromatine et de la dynamique de modification des histones pendant la maturation des graines sous conditions de stress abiotiques. RFI Objectif végétal 82 k€ (postdoc D. Windels 2019-2020, IRHS-équipe CONCERTO).
Lors de son développement, la graine met en place ses programmes de maturation de manière synchrone et régulée. En cas de stress abiotique, cette synchronisation et régulation est affectée. Dans ce projet, nous allons identifier les changements de conformation de chromatine et de dynamique des marques d'histones lors du développement de la



Rayonnement scientifique

Axe 2 - Qualité physiologique et sanitaire des semences

graine en conditions contrôle et de stress chaleur. Ce projet permettra de mettre en évidence de possibles nouveaux mécanismes de régulation de maturation de la graine.

- **GELSEED** (2019-2020) Rôle du tissu loculaire dans l'acquisition de la vigueur germinative chez la tomate. Starter INRAE- BAP 13 k€.

Les différentes caractéristiques constituant la vigueur des graines sont acquises de manière progressive et séquentielle au cours du développement. Cette acquisition est contrôlée par l'embryon via des programmes génétiques mal compris et est fortement influencée par les tissus maternels. Au sein du fruit, la graine de tomate se développe dans le tissu loculaire, un sac gélatineux qui l'enrobe complètement et maintient une teneur en eau élevée jusqu'à la récolte. Des données très récentes suggèrent que ce tissu agirait comme un nœud de communication entre la graine et l'environnement maternel en influençant la vigueur. Le projet vise à décrire les principales modifications moléculaires et biochimiques qui se produisent dans le tissu loculaire du fruit et les différents compartiments de la graine en parallèle à l'acquisition de la vigueur germinative.

Partenaires : IRHS-équipe CONSERTO, Angers, UMR Biologie du Fruit et Pathologie-équipes META et GFBF, Bordeaux, UMR Agroécologie-équipe GEAPSI, Dijon.

- **THERMIT** (2019-2021) – Construire des thermomètres subcellulaires pour étudier la production de chaleur des mitochondries végétales dans le contexte de la tolérance au froid. RFI Objectif Végétal, défi scientifique, 21 k€.

Les plantes sont des ectothermes, mais l'existence de fleurs thermogéniques et nos travaux antérieurs sur le fonctionnement des mitochondries à température négative et la germination sur la glace nous amènent à l'hypothèse d'un échauffement des mi-

tochondries facilitant la production d'ATP à basse température. L'objectif est d'élaborer des thermosensors ratiométrique à base de GFP qui seront exprimés dans des bactéries, puis dans les mitochondries et le cytosol de protoplastes d'*Arabidopsis*. Cette approche devrait permettre de visualiser par microscopie à fluorescence, à l'aide du plateau technique IMAC de la SFR QuaSaV, des variations de température en fonction des conditions physiologiques et environnementales. Nous chercherons ainsi à démontrer une élévation de température au niveau des mitochondries, en particulier en conditions froides. En cas de succès, ce projet dévoilera un nouveau levier pour améliorer la tolérance des plantes au froid et au gel.

Partenaires : IRHS-équipe SMS ; Plateau technique IMAC de la SFR QuaSaV, Angers.

- **TransMission** (2019-2021) - Transcriptome profiling of plant-bacterial interactions during seed transmission. RFI Objectif végétal 25 k€.

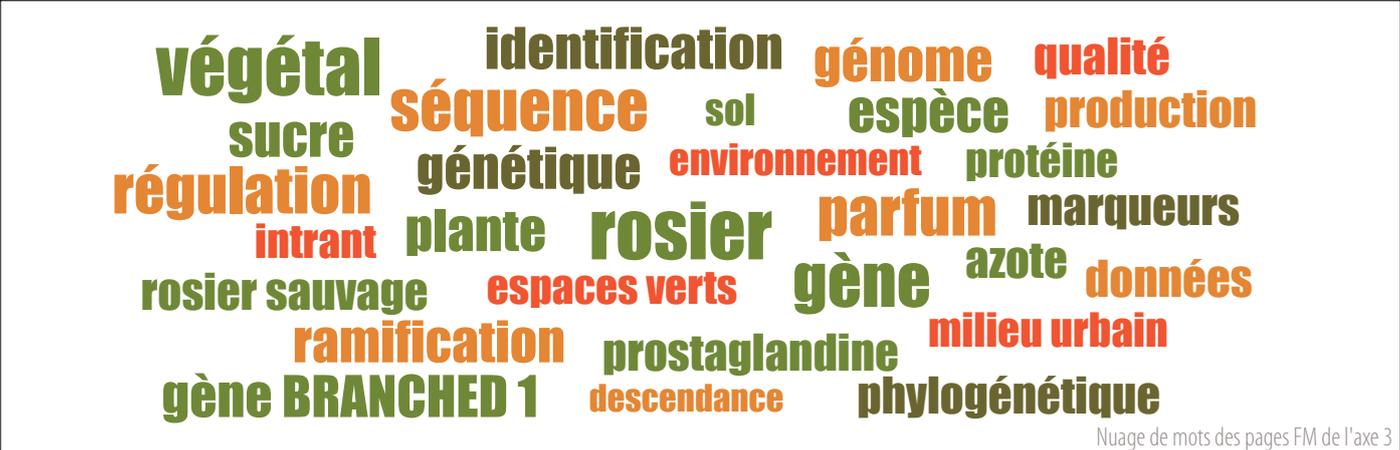
Les graines sont colonisées par de nombreuses espèces bactériennes qui peuvent impacter la fitness de la plante, plus particulièrement au cours des stades précoces de son développement. À ce jour, les déterminants bactériens impliqués dans la transmission à la graine et la réponse de l'hôte lors de cette transmission sont méconnus. L'objectif principal du projet TransMission est d'établir des procédures opérationnelles standardisées pour étudier les changements transcriptomiques et épigénétiques se déroulant pendant la transmission de certaines souches bactéries à la graine. Des développements méthodologiques permettant de capturer spécifiquement les transcrits bactériens dans les tissus végétaux seront employés lors de la transmission de la bactérie phytopathogène *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* aux graines de haricot (*Phaseolus vulgaris*).

Partenaires : IRHS-équipes CONSERTO & EMERSYS, Plateau technique ANAN de la SFR QuaSaV, Angers.



Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Animateurs:
Séverine Derbré (SONAS)
et Soulaïman Sakr (IRHS-équipe STRAGENE)



végétal identification génome qualité
séquence sol espèce production
sucre génétique environnement protéine
régulation plante rosier parfum marqueurs
intransit rosier sauvage espaces verts gène azote données
ramification prostaglandine milieu urbain
gène BRANCHED 1 descendance phylogénétique

Nuage de mots des pages FM de l'axe 3

Focus sur une dynamique de l'axe : Végétal en milieu urbain

Dans le cadre du thème émergent du végétal en ville, le projet "Les espaces verts urbains : puits ou source de gaz à effet de serre ?" porté par l'équipe EPHor et en collaboration avec l'IRHS-équipe STREMH0 a été lancé en 2019. Cette thèse réalisée par Tom Kunne-mann, dirigée par P. Cannavo (EPHor) et co-encadrée par V. Guérin (IRHS) et R. Guénon (EPHor) (2019-2022) et est financée par l'ADEME et la Région Pays de la Loire.

L'objectif principal de la thèse est d'évaluer et de comprendre les cycles couplés du carbone et de l'azote dans différents types d'espaces verts urbains présentant des propriétés et modes de gestion contrastés. Cette étude portera spécifiquement sur le processus de décomposition des matières organiques fraîches ou stables (par exemple, litières de feuilles et de racines, amendements au sol, humus) jusqu'à la quantification de la minéralisation du carbone (CO_2 et CH_4) et de la perte d'azote (NO , NO_2 , N_2O , N_2) par dénitrification partielle ou complète et par lixiviation (NO_3^-).

Cette thèse produira des connaissances scientifiques et techniques originales sur :

- l'impact des différents types d'espaces verts urbains et de leur gestion associée sur les émissions de gaz à effet de serre et le risque de lixiviation de l'azote,
- la capacité des organismes du sol à dégrader les intrants de matière organique,
- l'identification d'outils de modélisation pertinents pour la prévision de la biodégradation de la matière organique, appliqués aux caractéristiques des différents types de sols de l'environnement urbain.

Du point de vue opérationnel, la thèse fournira :

- une quantification des flux de gaz et des pertes en azote selon différents scénarios de gestion des espaces verts,
- une liste de recommandations pour les gestionnaires d'espaces verts qui aidera à définir une stratégie de gestion durable, pour construire des villes vertes durables.

Identification d'un des gènes responsables du parfum typique de la rose

Le parfum des roses est le résultat de l'association de nombreux composés volatils. Le déterminisme génétique du parfum des roses est encore peu connu. L'objectif de l'étude est d'étudier les régions génomiques responsables de la synthèse des composés du parfum à partir de l'étude de descendants F1 par GC-MS.

Les monoterpènes, dont le 2-phényl-éthanol (2PE), sont des composés principaux du parfum. La ségrégation de la production de 2PE dans la descendance a permis de mettre en évidence un locus majeur pour la synthèse de 2PE. Ce locus co-localise avec un gène codant une phenylacetaldehyde synthase (*RhPAAS*). Des études d'expression de ce gène dans les descendants ont permis de confirmer le lien entre la présence du 2PE et l'expression d'un des allèles transmis par le parent mâle, qui produit du 2PE. Ce travail a permis de localiser des QTL de composés du parfum du rosier sur une carte génétique construite à l'aide de marqueurs moléculaires et en collaboration avec des collègues de l'Université de Saint-Étienne.

Perspectives : dans le cadre du projet ANR RosaScent, les études génétiques sont réalisées sur une nouvelle descendance permettant d'étudier de nouveaux composés, tels que les sesquiterpènes. De plus l'étude sera complétée par une approche de génétique d'as-

sociation sur une collection de rosiers anciens.

Ces études au-delà de la connaissance sur le parfum du rosier, permettent d'envisager des outils de sélection pour s'assurer de la présence de composés dans les futures variétés de rosier.

Fleur de *R. wichurana*, parent mâle de la descendance produisant le 2PE (T. Thouroude, IRHS)

CONTACT

laurence.hibrand-saint-oyant@inrae.fr

IRHS-équipe GDO

FINANCEMENT

ANR RosaScent

PARTENAIRES

Ce travail a été mené par l'IRHS-équipe GDO à Angers en collaboration avec le plateau technique ANAN de la SFR QuaSaV pour l'analyse des marqueurs moléculaires et le LBVPAM (Université de Saint-Etienne). Il s'appuie sur les ressources conservées au sein du CRB RosePom à Angers.

PUBLICATION

Hibrand-Saint Oyant L, Rocchia A, Cavel E, Caissard J-C, Machenaud J, Thouroude T, Jeauffre J, Bony A, Dubois A, Vergne P et al (2019): Biosynthesis of 2-Phenylethanol in Rose Petals Is Linked to the Expression of One Allele of RhPAAS. *Plant Physiology* 179(3):1064-1079.

Le sucre régule la ramification du rosier : identification d'un nouveau mécanisme de régulation

La ramification d'une plante est nécessaire au rendement, à la qualité sanitaire et visuelle. *BRANCHED 1* (*BRC1*) est un des gènes clés de l'inhibition de la ramification. La régulation de ce gène est sous le contrôle des facteurs exogènes, notamment la lumière, et endogènes tels que les phytohormones et les nutriments. Le sucre est un des acteurs majeurs de la régulation de la ramification chez les végétaux, mais son mécanisme d'action reste encore peu connu. L'objectif est d'étudier la régulation du gène *BRC1* par les sucres en explorant la possibilité d'une régulation post-transcriptionnelle liée à la séquence 3'-non codante (3'UTR).

Des cals de rosiers contenant la séquence d'ADN complémentaire de la région 3' non codante du gène *RhBRC1* (*BRANCHED 1* du rosier) ont été utilisés, pour étudier la régulation de ce gène par les sucres. Les sucres sont capables de réduire très rapidement la quantité des transcrits du gène *RhBRC1* grâce à la présence de séquences spécifiques dans sa région 3' non codante. Ces séquences seraient reconnues par des protéines associées à la déstabilisation de l'ARNm, telles que les protéines PUFs (Pumilio RNA-binding protein family). Ces séquences sont également présentes chez d'autres espèces, suggérant le caractère

générique de cette régulation. Il s'agit d'une nouvelle voie de régulation d'un des gènes majeurs de la ramification et sous-entend que le statut carboné de la plante est un levier de contrôle de ce processus.

Perspectives : démontrer la capacité des protéines PUFs à se lier aux séquences identifiées sur la région 3'UTR du gène *BRC1* et comprendre la voie de signalisation de sucres impliquée dans cette régulation.

CONTACTS

soulaiman.sakr@agrocampus-ouest.fr
IRHS-équipe STRAGENE
latifa.hamama@agrocampus-ouest.fr
IRHS-équipe GDO

FINANCEMENT

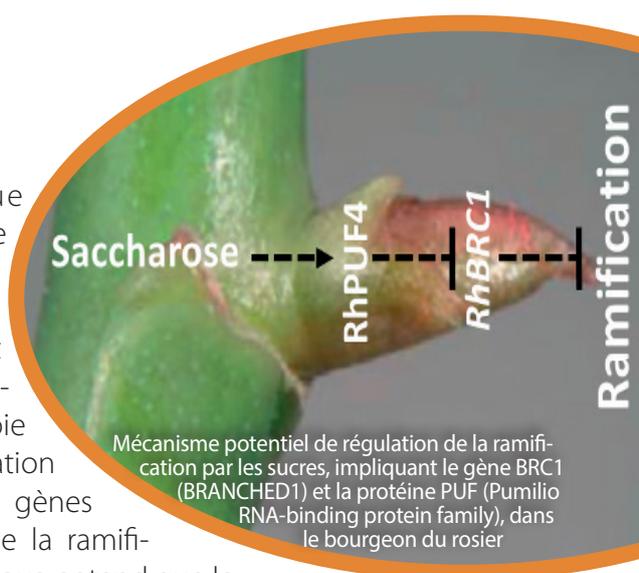
China Scholarship Council (No. 201506320203) et ANR (Agence Nationale de la Recherche projet Labcom ESTIM (Évaluation de STIMulateurs de vitalité des plantes).

PARTENAIRES

Ce travail a été mené par l'IRHS-équipes STRAGENE, GDO, QUARVEG et FUNGISEM à Angers.

PUBLICATION

Wang M, Ogé L, Voisine L, Perez-Garcia MD, Jeauffre J, Hibrand Saint-Oyant L, Grappin P, Hamama L, Sakr S (2019). Posttranscriptional Regulation of *RhBRC1* (*Rosa hybrida* *BRANCHED1*) in Response to Sugars is Mediated via its Own 3' Untranslated Region, with a Potential Role of *RhPUF4* (Pumilio RNA-Binding Protein Family). *Int J Mol Sci*. 2019 Aug 4;20(15).



Des nouveaux marqueurs pour la phylogénomique des rosiers : résoudre l'origine complexe des rosiers sauvages

Avec l'avènement des techniques de séquençage de l'ADN à haut débit, un grand nombre de séquences génomiques provenant de diverses espèces vivantes est désormais stocké dans les bases de données publiques. Ces séquences peuvent être exploitées pour étudier les relations phylogénétiques entre les espèces, mais encore faut-il cibler les régions du génome les plus informatives.

Les rosiers sauvages (*Rosa* sp.) ont une histoire évolutive très complexe et les relations existantes entre les 100-150 espèces identifiées sont mal connues. Très récemment, les génomes d'une vingtaine de rosiers sauvages ont été séquencés, ce qui offre un accès sans précédent à la diversité au sein du genre *Rosa*. Ce dernier représente donc un modèle idéal sur lequel développer un jeu de marqueurs capables de résoudre les relations phylogénétiques entre espèces.

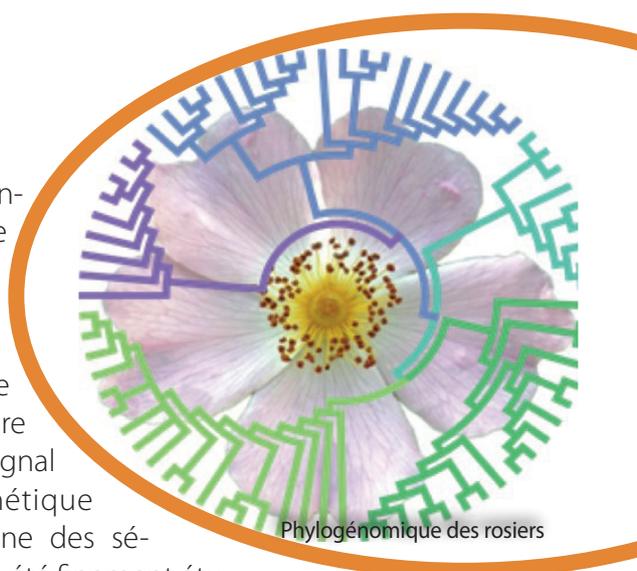
Dans cet article, une méthode générale d'identification et d'évaluation de marqueurs génomiques a été développée en utilisant les génomes des rosiers sauvages disponibles sur les bases de données publiques. Ainsi, 1856 petites régions du génome, faciles à cibler, ont été repérées sur l'ensemble des chromosomes. Ces séquences ont ensuite été évaluées quant à leur aptitude à résoudre les événements évolutifs sur-

venant sur l'ensemble des 30 millions d'années d'histoire du genre *Rosa*. Le signal phylogénétique de chacune des séquences a été finement étudié et comparé pour décrire au maximum le jeu de données nouvellement créé.

Ces travaux ouvrent la voie vers une nouvelle exploitation des données de séquençage publiques. Chez les rosiers sauvages, une analyse à grande échelle des relations phylogénétiques entre espèces est désormais envisageable, et permettront de mieux comprendre l'évolution de leurs génomes.

CONTACT

fabrice.foucher@inrae.fr
IRHS-équipe GDO



FINANCEMENT

Programme RFI Objectif Végétal (Université d'Angers, Région Pays de la Loire).

PARTENAIRES

Cette étude a été menée par l'unité IRHS en collaboration avec l'Institut flamand de recherche en agriculture, pêche et agroalimentaire (Plant Science Unit, ILVO: Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek)

PUBLICATION

Debray K, Marie-Magdelaine J, Ruttink T, Clotault J, Foucher F, Malécot V. (2019). Identification and assessment of variable single-copy orthologous (SCO) nuclear loci for low-level phylogenomics: a case study in the genus *Rosa* (*Rosaceae*). *BMC Evolutionary Biology* 19: 152. <https://dx.doi.org/10.1186/s12862-019-1479-z>

Les composés phénoliques de la pomme, déterminants de la qualité des fruits frais et transformés : Comprendre leur distribution au sein du fruit pour en améliorer la qualité

Les composés phénoliques, flavanols, anthocyanidines, acides hydroxycinnamiques, sont des déterminants de la qualité des fruits frais et transformés tels que le goût, la couleur ou la texture. Ils contribuent également par leurs propriétés antioxydantes aux caractéristiques nutritionnelles des fruits. La peau, qui correspond à des tissus métaboliquement très actifs, concentre ces composés. Cependant leur distribution, pouvant être à l'origine de différentes accessibilités et réactivités dans les phénomènes d'oxydation affectant la qualité des fruits lors de leur consommation ou de leur transformation, reste méconnue.

Une cartographie des familles de composés phénoliques a été réalisée grâce à la combinaison de méthodes cryo-fixation, cryo-section et cryo-microscopie permettant la préservation de ces molécules diffusibles et de l'observation de leur autofluorescence après une excitation par un rayonnement en UV profond. Ces observations ont permis d'établir la distribution des composés phénoliques de la pomme :

- Les flavanols monomères ou condensés (tannins) ont été révélés dans les couches cellulaires de la cuticule,
- Les anthocyanidines associées aux pigments sont retrouvés surtout dans les couches sub-cuticulaires
- Les acides hydroxycinnamiques sont retrouvés majoritairement dans les couches cellulaires plus profondes de l'épiderme tel que le cortex externe et

particulièrement dans les parois cellulaires.

L'étude réalisée sur deux variétés de pommes à cidre

montre des différences de distribution en fonction de la variété, alors que le stockage des fruits n'a pas d'influence notable sur cette distribution.

L'approche analytique mise en œuvre permettant de localiser en une seule observation les grandes familles de composés phénoliques ouvre des perspectives pour d'autres études sur la variabilité de leur distribution en fonction de la physiologie, de la génétique et des itinéraires technologiques susceptibles d'affecter la qualité des fruits.

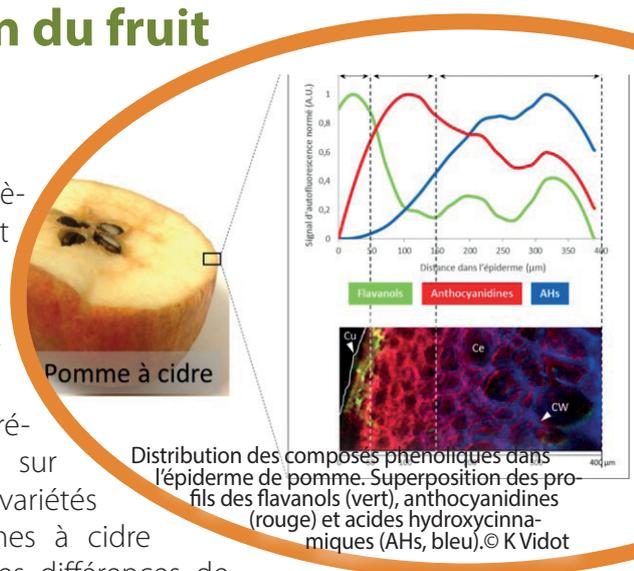
CONTACTS

marc.lahaye@inrae.fr

BIA

r.siret@groupe-esa.com

GRAPPE



FINANCEMENT

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme RFI Food for Tomorrow, financé par la Région Pays de la Loire.

PARTENAIRES

Cette étude a été réalisée par l'unité BIA, à Nantes, en collaboration avec l'ESA (unité GRAPPE, Angers) et le Synchrotron Soleil (Gif sur Yvette)

PUBLICATION

Vidot, K., M.-F. Devaux, C. Alvarado, S. Guyot, F. Jamme, C. Gaillard, R. Siret and M. Lahaye (2019). "Phenolic distribution in apple epidermal and outer cortex tissue by multispectral deep-UV autofluorescence cryo-imaging." Plant Science. 283: 51–59. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.02.003>



Revue et chapitres d'ouvrages

- Rouger C, Derbré S, Richomme P. (2019). Mesua sp.: Chemical aspects and pharmacological relevance of prenylated polyphenols *Phytochemistry reviews* 18, 317-342.
- Schneider A, Godin C, Boudon F, Demotes-Mainard S, Sakr S, Bertheloot J. (2019). Light Regulation of Axillary Bud Outgrowth Along Plant Axes: An Overview of the Roles of Sugars and Hormones. *Front Plant Sci.* Oct 18;10:1296. doi: 10.3389/fpls.2019.01296.
- Smulders, MJM, Arens, P, Bourke, PM, Debener T, Linde M, de Riel J, Leus L, Ruttink T, Baudino S, Hibrand Saint-Oyant L, Clotault J and Foucher F. (2019). In the name of the rose: a roadmap for rose research in the genome era. *Hortic Res* 6, 65 doi:10.1038/s41438-019-0156-0.
- Vanbergen AJ, Potts SG, Vian A, Malkemper EP, Young J, Tscheulin T. (2019). Risk to pollinators from anthropogenic electro-magnetic radiation (EMR): Evidence and knowledge gaps. *Sci Total Environ.* 2019 Dec 10;695:133833. doi: 10.1016/j.
- Wang M, Le Moigne MA, Bertheloot J, Crespel L, Perez-Garcia MD, Ogé L, Demotes-Mainard S, Hama L, Davière JM, Sakr S. (2019). BRANCHED1: A Key Hub of Shoot Branching. *Front Plant Sci.* 2019 Feb 12;10:76. doi: 10.3389/fpls.2019.00076.
- Geoffriau E. (2019). Advances in carrot breeding. In Hochmuth, G. (ed.), *Achieving sustainable cultivation of vegetables*, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. pp. 397-436.
- Schinkovitz A, Seraphin D, Richomme P. (2019). New Developments of Laser Desorption Ionization Mass Spectrometry in Natural Products Research In: *Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation*. Hoboken: Wiley. ISBN: 9780471976707.
- Simon PW, Geoffriau E, Ellison S and Iorizzo M. (2019). Carrot carotenoid genetics and genomics. In Simon P, Iorizzo M., Grzebelus D., Baranski R. (Eds), *The Carrot Genome*, Springer Nature Switzerland AG. pp. 247-260.

Organisation de colloque

Le **Symposium International sur la Gestion et les Technologies Avancées pour les Serres Innovantes (GreenSys2019)** s'est tenu du 16 au 20 juin 2019 au Centre des Congrès d'Angers (France).

GreenSys2019 a été co-organisé par Agrocampus Ouest (Equipe EPHor), le Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL) et l'Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), en partenariat avec Végépolys-Valley (pôle de compétitivité français) et

Organisation de séminaire

Du 23 au 25 octobre 2019, le **Groupe d'Étude de l'Arbre (GEA)** a organisé son séminaire à Angers (Agrocampus ouest) sur les réserves carbonées chez

avec le soutien d'Angers Loire Métropole, de la ville d'Angers, du Conseil Départemental du Maine-et-Loire et de la région Pays de la Loire. Ce congrès a réuni 650 personnes dont 430 scientifiques et 220 professionnels de 40 pays. Le prochain congrès GreenSys 2021 (Symposium international sur les nouvelles technologies pour des systèmes de serres durables) aura lieu du 24 au 28 octobre 2021, à Cancún (Mexique). Contact : Pierre-Emmanuel Bournet (Agrocampus Ouest - EPHor).

les ligneux "L'arbre et l'arbuste face aux changements climatiques et aux atmosphères urbaines" (Participation également de la ville d'Angers, Végépolys-Valley, INRAE, Plante et Cité).

Invitations à des colloques internationaux

- **Bournet P.E.** 2019. Computational Fluid Dynamics simulations of environmental conditions in agricultural buildings and their validation against experimental data. International Conference on Intelligent Agriculture (ICIA2019), Beijing 18-21 October 2019.
- **Foucher F.** 2019. Keynote Lecture "A high-quality sequence of *Rosa chinensis* to elucidate genome structure and ornamental traits", Erfurt, September 2019, XXVI International Eucarpia Symposium Section Ornamentals.
- **Cannavo P.** 2019. Urban soil contribution in carbon sequestration. Séminaire "Sols urbains" organisé par l'Association Costaricienne de Science du Sol 12-13 septembre 2019, San Jose, Costa Rica.
- **Cannavo P.** 2019. Fertile soil construction from wastes for urban green spaces. Séminaire "Sols urbains" organisé par l'Association Costaricienne de Science du Sol 12-13 septembre 2019, San Jose, Costa Rica.
- **Dinh C. P.** 2019. Molecular docking, semisynthesis and biological evaluation of garcinoic acid amides as 5-lipoxygenase inhibitors (YRC02). Août 2019. 27th Annual GP2A Medicinal Chemistry Conference, Nottingham, Royaume-Uni.
- **Schinkovitz A.** 2019. Analysis of complex phenolic mixtures by matrix free laser desorption ionization. Août 2019. Werner Siemens-Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie (WSSB, Allemagne).

Perspectives : initiation de nouveaux projets

Nouvelle installation expérimentale dédiée au végétal en milieu urbain

- L'unité EPHor s'est récemment dotée d'un dispositif expérimental pour étudier les interactions entre végétal et climat urbain : une Rue Canyon végétalisée à l'échelle 1/5^e de 16 m de long, bordée de bâtiments de 2 m de haut, qui représente une morphologie classiquement rencontrée en ville. La rue Canyon permet de mesurer l'impact de plusieurs types de végétation (haute/basse, en confort ou restriction hydrique) sur le microclimat de la rue. Cette installation sert de support à une thèse ADEME-Région sur les bénéfices climatiques des arbres en ville (2018-2021) impliquant deux unités de la SFR QuaSaV (EPHor et IRHS-équipe STRAGENE). Parallèlement, des étapes de modélisation seront mise en œuvre pour simuler les transferts d'eau et de chaleur dans le continuum substrat-plante-atmosphère. Cette plateforme a pour vocation d'être utilisée dans le cadre de nouveaux projets en cours de réflexion entre les unités de la SFR QuaSaV.

- Projets avec une finalité de réduction des intrants (fertilisants, phytosanitaires etc.) dans les systèmes de production. Une réflexion a été engagée pour le montage d'un projet fédérant plusieurs équipes (IRHS-équipes STRAGENE et SMS, SONAS...) autour d'une nouvelle question portant sur l'identification de produits naturels modulateurs de la croissance des plantes pour remplacer certains intrants (nanti-fiants chimiques) selon 2 axes :
 - le criblage d'extraits végétaux susceptibles de moduler l'effet des phytohormones (auxines, gibbérellines et brassinostéroïdes) sur un modèle de germination rapide ;
 - le docking moléculaire in silico d'une base de données exhaustive de produits naturels sur des cibles protéiques de la croissance végétale bien caractérisées.

Ces deux actions peuvent constituer des points de convergence pour l'initiation et le montage de projets pluridisciplinaires.

Projet PRCI franco-allemand

Doubles inhibiteurs inspirés de la vitamine E : vers des analogues de vitamine E capables de soulager les processus inflammatoires

L'inflammation chronique, causée par la libération de médiateurs lipidiques pro-inflammatoires (prostaglandines PGs et leucotriènes LTs), est associée au développement de diverses pathologies (cancers, troubles cardiovasculaires et neurodégénératifs, etc). Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) suppriment la formation des PGs mais présentent de graves effets secondaires. L'inhibition sélective de la prostaglandine E2 synthétase microsomale de type 1 (mPGES-1), préférentiellement associée à la suppression des LTs, se présente comme une meilleure alternative. Nous avons récemment montré que des analogues de la vitamine E, d'origine végétale ou hémisynthétique, se concentrent dans les leucocytes et réduisent l'inflammation en inhibant la 5-lipoxygénase, sans interférer avec la phase de résolution. (1,2) Certains ciblent aussi mPGES-1(3).

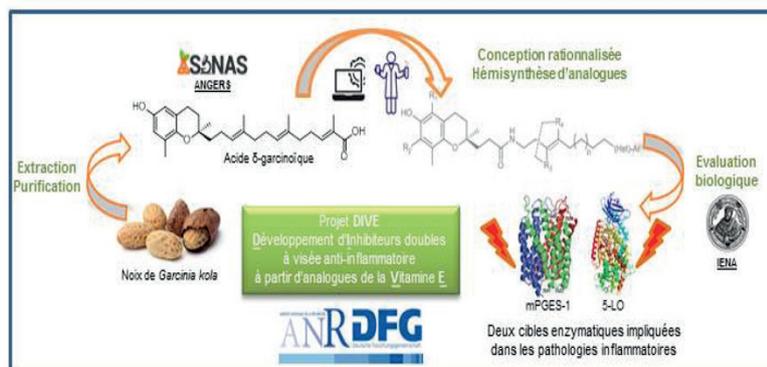
Le projet DIVE vise à concevoir *in silico*, hémisynthétiser, et caractériser de nouveaux chromanols inhibiteurs doubles de ces enzymes pour une alternative efficace aux anti-inflammatoires non stéroïdiens, évitant leurs effets secondaires.

Il s'inscrit dans la thématique valorisation thérapeutique des productions du végétal spécialisé de la SFR QuaSaV et dans la continuité des travaux conjoints précédemment menés avec des partenaires européens et concrétisés par un brevet et une publication dans Nature Communications.

CONTACT

jean-jacques.helesbeux@univ-angers.fr

SONAS



FINANCEMENT

ANR DIVE (PRCI) avec des financements de l'ANR et de la DFG pour le partenaire allemand.

PARTENAIRES

Ce projet est porté par le laboratoire SONAS à Angers et par le laboratoire de chimie médicinale (Université d'Iéna). Les analyses chromatographiques et spectrales sont réalisées sur le plateau PHYTO de la SFR QuaSaV. D'autres partenaires européens participent à ce projet, dont l'institut de pharmacie-pharmacognosie du Center for Molecular Biosciences of Innsbruck (CMBI), identifié partenaire stratégique de la politique internationale du programme RFI Objectif Végétal. Ce dernier apporte son expertise dans le domaine de la modélisation moléculaire et l'étude virtuelle d'interactions ligand-cible biologique.

REFERENCES

- (1) Richomme P, Helesbeux J-J, et al. Tocotrienol derivatives, pharmaceutical composition and method of use in 5-lipoxygenase related diseases, WO2017032881 (A1), 2017
- (2) Pein H, Ville A, et al. Endogenous metabolites of vitamin E limit inflammation by targeting 5-lipoxygenase. Nat Commun. 2018; 9, 3834.
- (3) Alsabil K, Suor-Cherer S, et al. Semisynthetic and Natural Garcinolic Acid Isoforms as New mPGES-1 Inhibitors. Planta Med. 2016; 82, 1110–1116.



Accueil & Mobilités internationales

- 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 2019 :
 - 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 : **Luis Manuel Peña Rodríguez** (Professeur, coordinateur mexicain du projet) est venu au SONAS quand **A. Bruguière** (doctorant du SONAS) s'est rendu au CICY (Juin 2019) ;
 - Financés par le RFI Objectif Végétal (Mobilité internationale, Projet ISID (In Silico Design)), **J.-J Helesbeux** et **G. Viault** (EC au SONAS) ont reçu en septembre 2019 une formation au docking moléculaire lors de l'EUROPIN Summer School Drug Design à Vienne (AT) ; cette formation a été aussitôt suivie d'une mise en pratique sur les projets collaboratifs (5-LOXIB Design, PHC Amadeus, 2017-2018 et ADAPT, RFI Objectif Végétal, Hémisynthèse de chalcone du pommier) à l'institut de pharmacie de l'université d'Innsbruck (AT).
- Le PHC Procope (2018-2019) a permis à **Dinh Chau Phi** (doctorant SONAS) de se rendre de nouveau à l'Université de Würzburg (O. Werz) en décembre 2019 pour compléter les évaluations biologiques des dérivés hémisynthétiques de tocotriénols potentiellement anti-inflammatoires.
- En juillet et août 2019, **Andreas Schinkovitz** (SONAS) a séjourné comme professeur invité au Werner Siemens-Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie (WSSB, Technische Universität München, Garching, Allemagne) pour travailler sur l'évaluation de la formation de marqueurs immuns ou de phytoalexines chez le pommier par LDI et LC-MS et coordonner la soumission d'un projet pour obtenir un financement ANR.
- Dans le cadre d'ERASMUS+, en 2019, le SONAS a également accueilli **Yining Liu** [Nottingham, (Royaume Uni), 2 mois], **Camillia Garca** et **Coletta Colli** [Università degli Studi del Piemonte Orientale (Italie), 6 et 4 mois], **Katarina Zimmerer** [Innsbruck (Autriche), 5 mois].
- Autres mobilités ERASMUS+ :
 - Juin 2019 : accueil de **F. Albornoz** spécialiste en nutrition des plantes en culture hors-sol, Pontificia Universidad Catolica de Chile, 24-28 June 2019.
 - Octobre 2019 : mobilité de **P. Cannavo** à la Pontificia Universidad Catolica de Chile, 21-25 octobre 2019 pour la co-construction d'un programme de recherche sur le recyclage des matières organiques (compost, substrats usagés) dans les sols de jardins familiaux soumis à des contraintes de salinité et d'aridité. Une doctorante chilienne sera co-encadrée et séjournera en France fin 2020.

Culture Scientifique et Technique

Parcours paysager - créations variétales horticoles

L'objectif du projet est de mettre en valeur les créations variétales horticoles d'Inrae sur les 50 dernières années. Depuis les années 1970, INRAE, puis en lien avec Agrocampus Ouest au sein d'unités mixtes de recherches, a mené des programmes de sélection d'arbustes ornementaux, dans le cadre de projets collaboratifs avec des pépiniéristes locaux. Ces projets commencèrent en 1973 sous l'impulsion d'un chercheur, M. Decourtye, et du pépiniériste M. Minier et ont mené à la création de près de 40 nouvelles variétés (dont Forsythia Marée d'Or®, Pyracantha SAPHY Rouge®, Caryoptéris Grand Bleu®) vendues à plusieurs millions d'exemplaires de part le monde. Ce rapprochement entre la recherche publique et des entreprises a constitué une première en France dans la filière végétale, et en quelque sorte une préfiguration de ce qu'est aujourd'hui le pôle de compétitivité Vegepolys-Valley.

Au travers de ce projet, il est souhaité de valoriser ce savoir-faire angevin par la réalisation d'un jardin regroupant un grand nombre de ces obtentions. L'objectif de ce jardin est de :

- développer un jardin d'agrément où les variétés obtenues pourront être mises en valeur,
- valoriser cette collaboration exceptionnelle et historique entre pépiniéristes et chercheurs, prémices du pôle de compétitivité Vegepolys-Valley,
- s'inscrire dans une démarche de médiation et de culture scientifique avec la participation de Terre des Sciences pour expliquer la sélection variétale et les différentes techniques en lien avec les écoles du quartier (voir : [vidéo sur la création variétale](http://www6.angers-nantes.inrae.fr/irhs/La-science-et-vous2/Mediation-scientifique/Video-sur-la-creation-varietale-ornementale) : www6.angers-nantes.inrae.fr/irhs/La-science-et-vous2/Mediation-scientifique/Video-sur-la-creation-varietale-ornementale),

Cycle de conférences – Mignonne, allons voir si la rose

Le pôle Végétal de l'Université d'Angers a organisé 4 conférences autour de la rose au mois de juin 2019, en partenariat avec INRAE et Agrocampus Ouest. Les intervenants, chercheurs aux laboratoires Temos (histoire), Larema (mathématiques), et IRHS (végétal), ont abordé la rose sous divers angles : histoire de sa sélection, génétique, généalogie et enfin architecture des rosiers.

- s'inscrire dans la démarche « Campus – Quartier » en rapprochant les travaux réalisés sur le campus et les habitants du quartier, en impliquant les étudiants dans la conception du jardin, en s'insérant dans la réflexion actuelle sur les usages des espaces verts et friches sur le quartier de Belle Beille,
- s'inscrire dans une démarche de co-construction dans le cadre de la rénovation urbaine du grand Belle Beille vert : participation des habitants à la réflexion (usage, localisation) et à la réalisation, voire à l'entretien de ce jardin,
- contribuer à la valorisation de l'histoire du quartier en rappelant l'histoire qui lie INRAE et le quartier. En 1951 des laboratoires de INRAE s'implantèrent t à la place actuelle du centre J. Tati.



Ce projet regroupe différents partenaires : les pépiniéristes représentés par SAPHO, le diffuseur des obtentions, l'équipe IRHS-GDO, le centre de culture technique et scientifique Terre des Sciences, Agrocampus Ouest pour la conception et la réalisation du jardin.

Les projets d'études d'étudiants d'Agrocampus Ouest réalisés en 2018 ont fait évoluer le concept initial de jardin conservatoire en parcours paysager intégré à la rénovation du quartier de Belle-Beille. Une première phase de ce parcours a été inaugurée le 28 février 2019 sur la place de la Dauversière.

Contact : fabrice.foucher@inrae.fr



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 Plateau Technique Mutualisé (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 à 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

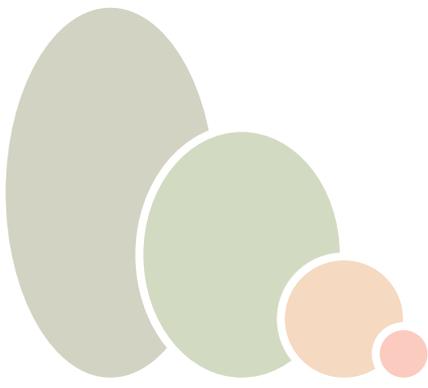
Cette plateforme propose des outils et compétences dédiés aux analyses qualitatives ou quantitatives de métabolites secondaires d'origine végétale. Cette extension d'un service commun universitaire répondant aux besoins spécifiques des sciences du végétal a été labellisée en 2014 par le réseau de métabolomique 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 d'une manière générale autonome d'un point de vue budgétaire pour son fonctionnement (avec des soutiens financiers potentiels de la SFR), 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.



PLATEAU TECHNIQUE

ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

Responsables

Responsable scientifique :

- Sandrine Balzergue, INRAE-IRHS - sandrine.balzergue@inrae.fr

Responsable technique et opérationnelle :

- Muriel Bahut, Université d'Angers - muriel.bahut@univ-angers.fr



Présentation du plateau technique

Le plateau technique ANAN met à disposition des outils de caractérisation et d'analyse des acides nucléiques. Il est ouvert en priorité aux membres de la SFR QuaSaV et à ses partenaires associés et a pour but de permettre aux utilisateurs 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.

Le plateau technique a également un rôle de conseil aux équipes de la SFR sur les approches en génotypage, transcriptomique et séquençage afin de répondre au mieux à leurs questions biologiques.

Équipements

La liste des équipements du plateau technique figure sur le site Internet de la SFR QuaSaV : <https://www.sfrquasav-angers.org/Plateaux-Techniques/ANAN>

Nouveaux équipements acquis en 2019

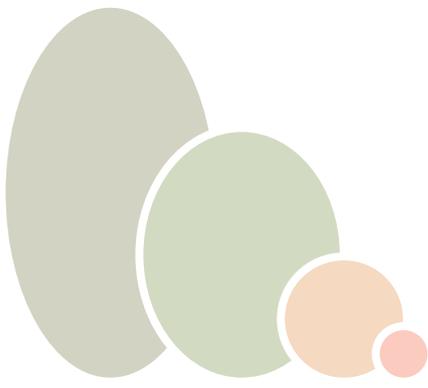
En 2019, la SFR QuaSaV a financé le renouvellement du **Qubit** pour le dosage des acides nucléiques. Pour faciliter la réalisation des étapes de préparation d'échantillons pour les librairies (Miseq et Minion) et pour l'électrophorèse capillaire, le plateau ANAN s'est doté d'un **thermocycleur 96 puits** permettant d'effectuer les dénaturation, ligation, amplification des échantillons.

Principaux projets en cours :

Projets méthodologiques soutenus dans le cadre de l'appel à projets interne de la SFR

Le projet **KASPoRo** (5 k€) a pour objectif de tester et de mettre en place sur le plateau ANAN, la technologie KASP (Kompetitive Allele Specific PCR) pour effectuer des études de génotypage pour des projets avec peu d'échantillons ou peu de marqueurs. Cette étude est réalisée sur le pommier et le rosier.

Le projet **BiSame** (5 k€) permettra au plateau 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 la question biologique suivante : "Dans quelle mesure la méthylation de l'ADN intervient-elle dans la virulence de champignon phytopathogène comme *A. brassicicola* ?"



ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

Principales valorisations 2019

Citation du plateau ANAN dans les remerciements (6 publications) :

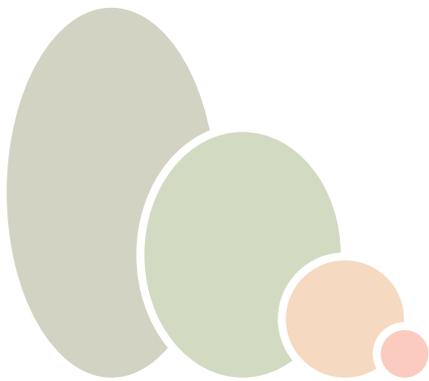
- Dupas E, Briand M, Jacques MA, Cesbron S. (2019). Novel Tetraplex Quantitative PCR Assays for simultaneous Detection and Identification of *Xylella fastidiosa* Subspecies in Plant Tissues. *Front Plant Sci.* 27;10:1732.
- Ferreira MASV, Bonneau S, Briand M, Cesbron S, Portier P, Darrasse A, Gama MAS, Barbosa MAG, Mariano RLR, Souza EB, Jacques MA. (2019). *Xanthomonas citri* pv. *viticola* Affecting Grapevine in Brazil: Emergence of a Successful Monomorphic Pathogen. *Front Plant Sci.* 18;10:489.
- Torres-Cortés G, Garcia BJ, Compant S, Rezki S, Jones P, Prévieux A, Briand M, Roulet A, Bouchez O, Jacobson D, Barret M. (2019). Differences in resource use lead to coexistence of seed-transmitted microbial populations. *Sci Rep.* 30;9(1):6648.
- Denancé N, Briand M, Gaborieau R, Gaillard S, Jacques MA. (2019). Identification of genetic relationships and subspecies signatures in *Xylella fastidiosa*. *BMC Genomics* 25;20(1):239.
- Charrier A, Vergne E, Dousset N, Richer A, Petiteau A, Chevreau E. (2019). Efficient Targeted Mutagenesis in Apple and First Time Edition of Pear Using the CRISPR-Cas9 System. *Front Plant Sci.* 6;10:40.
- Gully K, Celton J-M, Degrave A, Pelletier S, Brisset M-N, Bucher E (2019). Biotic stress-induced priming and de-priming of transcriptional memory in *Arabidopsis* and Apple. *Epigenomes*, 3(1), 3

Perspectives 2020

Trois demandes de financement via le CPER ont été validées. Les équipements devraient arriver sur le plateau ANAN au 1^{er} semestre 2020 :

- Un broyeur à billes haut débit : allant de quelques tubes aux plaques 96 puits,
- Un cryobroyeur pour les tissus difficiles du type carotte ou tiges,
- Un séquenceur NGS de paillasse : rapide et flexible, idéal pour les petits projets de séquençage de détection par exemple.

Dans le but de mutualiser les achats d'équipements et les maintenances, le plateau ANAN s'est rapproché du plateau technique de l'UFR Sciences d'Angers. Les utilisateurs de la SFR QuaSaV ont maintenant un accès privilégié au séquenceur NextSeq550 Illumina, permettant de réaliser notamment les analyses de RNAseq.



PLATEAU TECHNIQUE

COMIC : Collections de micro-organismes

Responsables

Perrine Portier, Ingénieur de recherche INRAE - perrine.portier@inrae.fr

Présentation du plateau technique

Le plateau technique mutualisé COMIC, pour Collection de MICRoorganismes a pour objet d'apporter un soutien aux membres de la SFR QuaSaV pour mieux organiser, préserver et valoriser leurs ressources microbiennes. Pour cela le plateau COMIC et ses utilisateurs s'appuient sur le personnel, les compétences et les équipements du CIRM-CFBP.

Le CIRM-CFBP est la Collection Française des Bactéries associées aux Plantes, une collection membre du GIS CIRM, constitué de cinq collections de microorganismes gérées par INRAE.

Les missions de la collection sont de préserver les ressources et les données associées, rendre disponibles ces ressources pour la communauté scientifique internationale à des fins de recherche, développement et enseignement, de valoriser les ressources.

Équipements

La liste des équipements du plateau technique figure sur le site Internet de la SFR QuaSaV : <https://www.sfrquasav-angers.org/Plateaux-Techniques/COMIC>

Principaux projets en cours :

Projets méthodologiques soutenus dans le cadre de l'appel à projets interne de la SFR

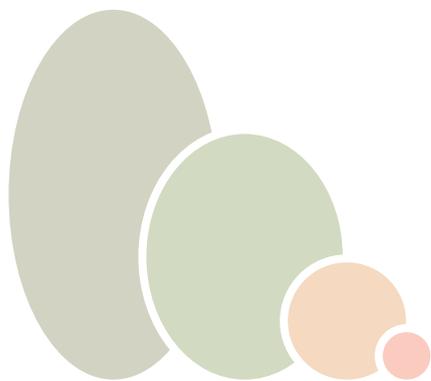
Le projet **MICROLAB** (2018-2020), soutenu par la SFR QuaSaV (4,7 k€), et réalisé en lien avec le plateau IMAC et la plateforme PHENOTIC, comprend un module "conservation des microbiotes". Ce module a pour objectif de tester les capacités métaboliques de microbiotes avant et après un an de conservation. Les modes de conservation testés sont la lyophilisation, le glycérol à -80°C et le glycérol à -196°C (en azote liquide). Les travaux ont été réalisés sur des microbiotes issus de semences de radis. La technologie Biolog est utilisée pour mesurer le métabolisme microbien. Un groupe de 3 étudiants a été accueilli en 2019 pour mettre au point des protocoles de sortie de conservation sans ou avec culture (en milieu liquide ou mi-

lieu solide), obtenir des données de phénotypage du métabolisme des microbiotes après conservation (avec ou sans étape de culture) et extraire des ADN des microbiotes après conservation (avant ou après étapes de culture) pour analyse ultérieure.

Au vu des résultats, il semble qu'une étape de culture a plus d'impact que le type de conservation et que la conservation à -80°C a plus d'impact sur les capacités métaboliques des communautés que la conservation en azote liquide ou en lyophilisation.

Ce projet a permis des avancées significatives sur l'implémentation des protocoles pour l'analyse des biais de conservation et l'acquisition de données préliminaires déterminantes pour la mise en place et le financement du projet MICROSTORE.





COMIC : Collections de micro-organismes

Le projet **MICROSTORE**, soutenu par INRAE, se propose lui aussi d'analyser les biais de conservation sur les capacités métaboliques et la composition des microbiotes (communautés naturelles ou synthétiques) à plus grande échelle, en intégrant l'impact de la culture. Les premiers résultats acquis en 2019 montrent des différences entre les capacités métaboliques des

microbiotes issus de feuilles de radis, de semences de radis, ou de communautés synthétiques formées de 10 souches bactériennes isolées de semences de radis et de haricot. La suite des résultats, qui permettra de comparer avant et après conservation, est attendue pour 2020.

Collaborations externes

En 2019, des collaborations avec des équipes externes à la SFR QuaSaV (SPO, Montpellier et STLO, Rennes) ont été entamées. Ces équipes travaillant sur les levures d'intérêt technologiques et les bactéries lactiques avaient besoin d'un accès à la technologie Biolog.

Valorisations 2019

Une publication de l'équipe FungiSem intègre des souches entrées en collection :

Le Moullec-Rieu T. et al. 2019. First Report of Root and Collar Rot Caused by *Fusarium tricinctum* and *Fusarium avenaceum* on Carrot in France. Disease note <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-2081-PDN>.

Perspectives 2020

Amélioration de la base de données : la collection COMIC est gérée via la base de données du CIRM-CFBP. Une réflexion doit être engagée sur la maintenance de cette base de données avec pour objectifs, d'une part de faciliter l'interopérabilité avec les autres collections de microorganismes qui sont également impliquées dans des projets d'infrastructures européennes, d'autre part de permettre à l'IRHS-équipe FUNGISEM de disposer d'une base de données dédiée pour gérer ses ressources.



PLATEAU TECHNIQUE

IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Responsables

- **Responsable opérationnelle :**
Aurélia Rolland, Ingénieur d'Etude Université Angers - aurelia.rolland@univ-angers.fr
- **Responsable scientifique :**
David Macherel, Prof. Université Angers- david.macherel@univ-angers.fr
- **Responsable technique :**
Fabienne Simonneau, Technicienne INRAE- fabienne.simonneau@inrae.fr



Présentation du plateau technique

Le plateau technique mutualisé IMAC 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, offrant ainsi 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, préparations extemporanées avec coupes au cryostat ou au vibratome), de cytologie (caryotype, hybridation in situ...) et d'observation en microscopie optique, électronique (MEB de paillasse) et photonique (microscopie à épifluorescence, microscopie confocale à balayage laser).

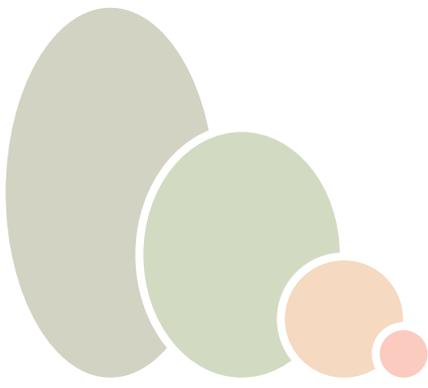
Les préparations pour la microscopie électronique à transmission et à balayage sont également possibles en collaboration avec le service commun de microscopie de l'Université d'Angers, le SCIAM.

Équipements

La liste des équipements du plateau technique figure sur le site Internet de la SFR QuaSaV : <https://www.sfrquasav-angers.org/Plateaux-Techniques/IMAC>

Nouveaux équipements acquis en 2019

- **Macroscopie de fluorescence AXIO ZOOM V.16 – ZEISS.** Il s'agit d'un système d'imagerie macroscopique automatisé à haute résolution, en lumière transmise et en fluorescence. Un tel système permet d'acquérir des images in vivo de très haute qualité à partir de matériels très variés : plantules, racines, feuilles, bourgeons, graines, calcs, insectes...
- **Objectif x20 air sur le microscope confocal.** L'intérêt de cet objectif est d'éviter la contrainte de l'immersion et de disposer d'un objectif d'aussi bonne qualité (ouverture numérique identique à celle du x20 multi immersion), avec une distance de travail jusqu'à 1mm. Ainsi, le passage du x10 (air) avec celui du x20 (air) se fera aisément, dans le cas de recherche rapide de structures ou pour se repérer dans l'échantillon.



IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Principaux projets en cours :

Au cours de l'année 2019, 37 projets ont été initiés ou poursuivis sur le plateau IMAC dont 15 sont en lien avec des sujets de thèse.

Le projet **SynPuce** (2019-2021) (soutenu par l'Université d'Angers, 28 k€) porté par Caroline DESHAYES de l'unité 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. Les premières approches concernant le suivi *in vivo* des nanocapsules lipidiques (NCLs) fluorescentes sur des coupes de larves de pucerons ont débuté par microscopie à épifluorescences ou confocale sur le plateau IMAC.

Le plateau IMAC est très impliqué dans l'**interface formation-recherche** en accueillant des groupes d'étudiants pour de la démonstration ou de l'utilisation d'outils d'imagerie :

- Le projet **MICROLAB** (2018-2020), soutenu par la SFR QuaSaV (4,7 k€), et réalisé en lien avec le plateau CO-MIC et la plateforme PHENOTIC favorisera le développement d'une technologie sur le plateau IMAC par des étudiants et le personnel du plateau. Les étudiants de Master 1 Biologie Végétale (module de pathologie approfondie) et de master 2 Biologie Végétale (parcours gestion de la santé des plantes, module atelier expérimentaux) sont très fortement impliqués dans trois ateliers expérimentaux dont la caractérisation d'effecteurs bactériens impliqués dans le pouvoir pathogène sur plante. 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*. Contacts: Thomas Guillemette, IRHS-équipe FUNGISEM et Tristan Boureau, IRHS-équipe EMERSYS.

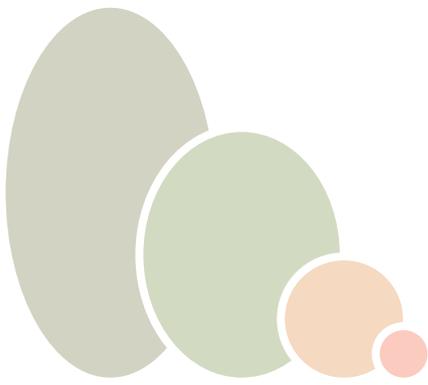
- Dans le cadre d'un nouveau module de Biologie Cellulaire Approfondie de la licence 3 Sciences des Productions Végétales, le plateau IMAC a accueilli sur 5 jours 24 étudiants pour des ateliers pratiques d'observation en microscopie à épifluorescence. Contact : David Macherel, IRHS-équipe SMS.

- Dans le cadre du projet **MYC-MACS** (soutenu par le RFI Objectif Végétal dans le cadre de l'appel à idées Culture Scientifique et Technique, 17 k€), 30 étudiants de niveau L3 ont fait des observations de champignons mycromycètes au Microscope électronique à balayage.

Le projet MYC-MACS vise à créer une base de données interactive focalisée sur les champignons mycromycètes associés aux plantes et en particulier aux semences. Cette base regroupera l'ensemble des ressources disponibles (images et séquences génomiques) pour chaque champignon isolé. Elle pourra être interrogée pour constituer un outil d'identification des mycètes utilisable en travaux pratiques (niveaux collège, lycées et université), travaux dirigés ou pour des actions de formation du personnel et des professionnels de la filière semences (GEVES par exemple). Contact: Thomas Guillemette, IRHS-équipe FUNGISEM.

- Un binôme d'étudiants en L2, issus du parcours CMI Biologie Systémique du Végétal a réalisé un stage d'immersion recherche de 2 jours sur le plateau IMAC. Après la visite du plateau et une présentation des activités et du fonctionnement général, le plateau IMAC a proposé la découverte de différents outils de microscopie.

- Le plateau IMAC a contribué au HACKATON-Deep learning organisé par David Rousseau (IRHS-LARIS) pour la partie acquisition d'images de sphéroïdes sur le microscope confocal.

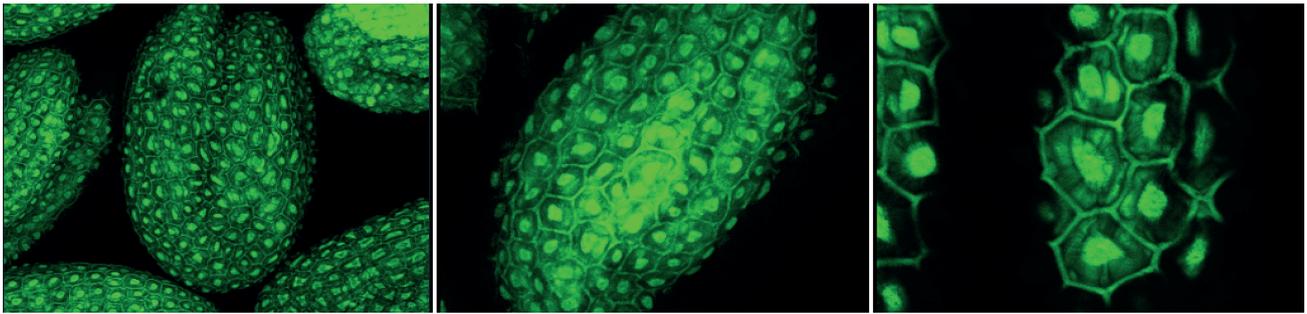


IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Principales valorisations 2019

Pour 2019, le plateau IMAC a été remercié dans les publications et rapport suivants :

- *Arabidopsis* seedlings display a remarkable resilience under severe mineral starvation using their metabolic plasticity to remain self-sufficient for weeks. Réthoré E et al. Plant J. 2019 Jul;99(2):302-315. doi: 10.1111/tpj.14325. Epub 2019 Apr 30.
- Posttranscriptional Regulation of *RhBRC1* (*Rosa hybrida* BRANCHED1) in Response to Sugars is Mediated via its Own 3' Untranslated Region, with a Potential Role of *RhPUF4* (Pumilio RNA-Binding Protein Family). Wang M et al. Plant J. 2019 Jul;99(2):302-315. doi: 10.1111/tpj.14325. Epub 2019
- Role of membrane compartment occupied by Can1 (MCC) and eisosome subdomains in plant pathogenicity of the necrotrophic fungus *Alternaria brassicicola*. Colou J et al. BMC Microbiol. 2019 Dec 16;19(1):295. doi: 10.1186/s12866-019-1667-4. doi: 10.1186/s12866-019-1667-4.
- The SCOOP12 peptide regulates defense response and root elongation in *Arabidopsis thaliana*. Gully K et al. J Exp Bot. 2019 Feb 20;70(4):1349-1365. doi: 10.1093/jxb/ery454.



Thèses de Doctorat de l'Université d'Angers :

- **Kay Gully** (10/01/2019). The plant immune system - Induction, memory and de-priming of defense responses by endogenous, exogenous and synthetic elicitors. dans le bourgeon axillaire du rosier, en réponse au sucre et à l'auxine.
- **Ming Wang** (13/03/2019). Réseau de régulation moléculaire de l'expression du gène *BRANCHED1* (*BRC1*)
- **Julia COURTIAL** (18/04/2019). Pouvoir pathogène et résistance: implication des toxines dans l'interaction carotte-*Alternaria dauci*.

Poster

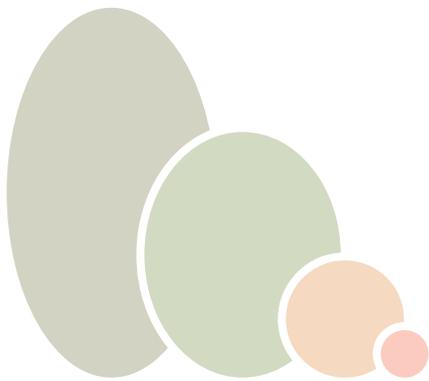
- Stability of the variegation leaf pattern of monocotyledons during *in vitro* propagation. Rouinsard A, Hibrand-Saint Oyant L, Hamama L, Grapin A. IX International Symposium on New Ornamental Crop September. 30th to October 3rd, 2019, Guadalajara, Mexico

Mémoire de Master

- **Camille Martin**, mémoire de Master 1 Mention Biodiversité, Ecologie, Evolution Parcours "Plantes et Société : Culture durable, Paysage, Phytovalorisation", Université de Poitiers. Titre : Etude histologique de l'impact d'un stress thermique sur le développement de semences de fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.).

Perspectives 2020

Dans le cadre du **Contrat de Plan Etat Région PHENOTIC2**, il est prévu de faire évoluer le système de microscopie confocale à balayage laser en le dotant d'un module additionnel de type "Spinning disk" (CrEST X-Light-camera/capteur-source LED), d'un coût de 116 000 € HT. La technologie spinning disk permet de réaliser des acquisitions en temps réel sur plusieurs canaux, ce qui est très avantageux par rapport au balayage laser qui nécessite plusieurs secondes pour réaliser une acquisition dans un plan, et donc jusqu'à plusieurs minutes pour une image 3D complexe. Le spinning disk permet donc des observations en temps quasiment réel de matériel vivant, avec moins de dommages photochimiques lors de l'excitation des fluorochromes.



PLATEFORME

PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

Responsables

Directeur :

- Tristan Boureau, Université d'Angers, IRHS – tristan.boureau@univ-angers.fr

Directeurs adjoints :

- Etienne Belin, Université d'Angers, IRHS
- Rémi Gardet, Agrocampus Ouest, IRHS
- Didier Demilly, GEVES

Présentation de la plateforme

La convention de la plateforme PHENOTIC a été signée le 18 mars 2019 entre les différentes tutelles de la plateforme : l'Université d'Angers, le Geves, Agrocampus Ouest et INRAE. La plateforme PHENOTIC est placée sous la responsabilité scientifique et technique d'un directeur de plate-forme, assisté de trois directeurs adjoints portant des responsabilités opérationnelles pour chaque groupe d'offres (semences et plantes).

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 plateforme 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 :

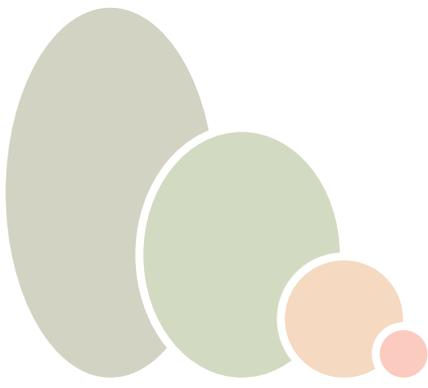
- Caractérisation des espèces et diversité génétique, sélection variétale,
- Déterminisme génétique (QTL),
- Paramétrage pour modélisation,
- Comparaison de la virulence, de l'agressivité d'agents pathogènes,
- Évaluation de la vigueur des lots de semences.

La plateforme Phenotic est adossée à l'équipe de recherche IRHS-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.

Ressources et offre de la plateforme

Les ressources et l'offre de la plateforme figurent sur le site Internet de la plateforme : <https://www6.inrae.fr/phenotic>





PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

Équipements

Nouveaux équipements acquis en 2019

Dans le contexte du Contrat de Plan Etat-Région 2016-2020, 3 tranches d'achat sont en cours : "Phenotic-Track" (initiée en sept 2016), "Phenohighway" (initiée en sept 2017) et "Phenodeep" (initiée en 2018). Ces demandes d'achat font partie intégrante du projet de montée en puissance du pôle d'ingénierie sur le phénotypage dédié à l'horticulture et aux semences, et permettent l'enrichissement du dispositif et du débit de la chaîne de phénotypage de la graine à la plante, en termes de volumes, de diversité de plantes horticoles et de bio-agresseurs étudiés. En 2019, les équipements "Phenotic-Track" (2 bancs de germination, enceinte et robot Phenobean) ont été construits en usine et sont en cours d'installation / déploiement sur le site de la plateforme PHENOTIC à l'IRHS à Angers.

Principaux projets en cours :

Au cours de l'année 2019, la plateforme a contribué à 38 projets dont les projets européens [EUCLEG 2020](#), [PONTE](#) et [XF-ACTORS](#) et le Labcom [MATCH](#).

Dans le cadre du Projet [AKER](#) PIA, le phénotypage de plus de 2500 génotypes a été réalisé en 2019. Le criblage de la germination à 5°C sur semences passées en RX 2D a déjà été réalisé pour 1694 génotypes. Une autre prestation d'envergure pour des cinétiques de germination sur 47200 semences de colza a été réalisée pour l'Université de Saskatoon (Canada).

Principales valorisations 2019

Publications :

- 4 articles évalués par les pairs en tant que co-auteur
- 1 remerciements dans les articles évalués par les pairs
- 5 communications orales dans les conférences internationales
- 3 communications orales dans les conférences françaises

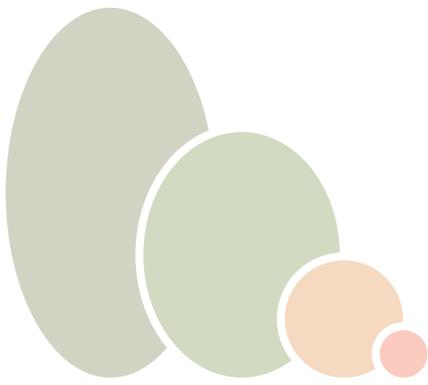
Thèse :

- [Valérian Méline](#) (21/02/2019). Phénotypage de l'impact d'effecteurs de type 3 sur les tissus végétaux par imagerie de fluorescence de chlorophylle.

Phenotic est impliquée dans un projet européen d'infrastructure [EPPN2020](#) (porteur F. TARDIEU INRAE Montpellier). Dans ce cadre, des scientifiques pourront être accueillis et encadrés pour l'obtention et l'analyse de données de phénotypage (imagerie fluorescence de chlorophylle) dans le cadre d'accès transnationaux. Une demande d'accès sur Phenotic "Early detection of fungal infections in cowpea seedlings using computer vision and spectral imaging systems" a été formulée en décembre 2019.

Diffusions scientifiques :

- organisation une journée thématique sur le phénotypage végétal à la summer school plant health and quality de l'Université d'Angers
- contribution à des summer schools internationales sur "Imaging for plant sciences" [Chania (Grèce), PuntaSampieri (Italie)]
- Depuis 2017, des formations spécifiques sont proposées via la plateforme : (i) Driving and controlling greenhouses and climatic chamber ; (ii) Image J for plant phenotyping.
- Chercheurs étrangers venant travailler sur la plateforme PHENOTIC : Gamal Elmasry (spectral imaging, seeds) et Helin Dutagaci (3D imaging, plants).



PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

Perspectives 2020

Prise en main des équipements Phenotic Track (banco de germination, enceinte et robot Phenobean) et développement des méthodologies qui permettront de faire du phénotypage haut débit dans une enceinte de 10 m² qui pourra accueillir jusqu'à 1600 plants d'*Arabidopsis thaliana* dans des conditions maîtrisées de température, hygrométrie et luminosité (spectre et intensité).

Conduire les chantiers de mise en place des tranches du CPER :

• "Phenohighway" comprenant :

- Phenobean 2 : Les négociations avec les fournisseurs ont permis de décider l'intégration de caméras dans le plafond de la chambre de culture afin de développer des approches d'apprentissage pour identifier la survenue d'événements phénotypiques d'intérêt. Le dispositif inclue en outre des capteurs d'imagerie montés sur un bras robotisé 6 axes, permettant d'envisager des approches d'imagerie de forme à haut débit.
- Système de pulvérisation de précision : ce système permettra le traitement de plantes avec des volumes contrôlés de solutions phytosanitaires (circuit de pulvérisation haute pression), ainsi que l'inoculation des suspensions bactériennes ou de spores de champignons (circuit de pulvérisation basse pression). Ce système est compatible avec les équipements des robots de phénotypage Phenobean.

• "Phenodeep" comprenant :

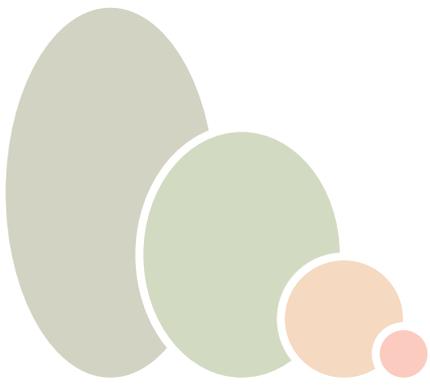
- Phenogrid : grilles de caméras en réseau (300 caméras au total) pour le suivi de la croissance des plantes en vue de dessus. Ces grilles sont destinées à être déployées dans des chambres de culture et des serres.
- Equipement de contrôle de l'irrigation : ensemble de bacs de sub-irrigation et de tensiomètres afin d'automatiser et de réaliser le suivi des procédures d'irrigation.
- Serveurs de stockages et de calcul pour la gestion et l'analyse (deep learning) de gros volumes de données.
- Poursuite du relampage des modules climatiques en LED.
- Parc de phytotrons : 6 phytotrons sont en cours d'acquisition. 3 seront positionnés en S0 et 3 en S2. Sur l'ensemble, 4 phytotrons seront équipés d'un système d'enrichissement en CO₂.

PHENODEEP permettra de caractériser les cinétiques de croissance verticale des plantes en réponse à divers stress biotiques et abiotiques pour mesurer l'impact des pathogènes sur le développement des parties aériennes ou caractériser l'efficacité des agents de biocontrôle et des biostimulants.

Lancer les procédures de consultation pour la dernière tranche du CPER comprenant notamment la réalisation de 8 nouvelles salles de culture.

Poursuivre la mise en place d'un système de management par la qualité accompagné par l'ingénieur qualité IRHS (V. Molinero-Demilly).

Un ingénieur d'étude dédié à la plateforme financé par l'Université d'Angers viendra appuyer l'organisation des projets et des prestations avec les équipes de recherche pour rationaliser la qualité des productions et développer la dimension prestations de la plateforme. Un ingénieur d'étude informatique CDD financé BioGenOuest viendra poursuivre la construction de la base de données de phénotypage des plantes. Un technicien d'expérimentation végétale et phénotypage sera recruté en 2020 par concours externe pour renforcer la capacité de production de plantes et de contrôle de l'environnement climatique sur la plateforme.



PLATEFORME

PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

Responsables

- David Guilet, Université d'Angers, SONAS
- Dimitri Bréard, Université d'Angers, SONAS

Présentation de la plateforme

La plateforme PHYTO est un ensemble mutualisé d'équipements dédiés à l'analyse phytochimique et couvrant les principaux besoins dans ce domaine

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

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

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

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

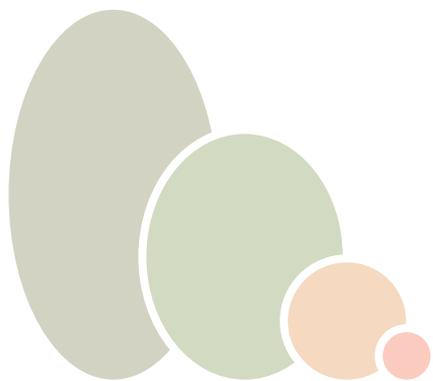
Équipements

La liste des équipements du plateau technique figure sur le site Internet de l'unité SONAS : <http://sonas.univ-angers.fr/fr/vie-de-l-unite/equipements.html>

Nouveaux équipements acquis en 2019

Installation d'un **spectromètre de masse MALDI-TOF/TOF** sur le périmètre PIAMPhyto, Plateau Astral SFR Matrix, financement CPER Végétal (110 k€ HT).





PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

Principaux projets en cours

En 2019, la plateforme a contribué à 11 projets dont :

- **Labcom FeedInTech** (2018-2020) (ANR 300 k€, SONAS- PME NorFeed) dont l'objectif est de développer une nutrition animale de précision basée sur des additifs d'origine végétale ;
- **ADAPT** (2018-2020) (projet post-doctorant international d'Antonio CALA PERALTA (SONAS) dans le cadre du programme RFI Objectif Végétal financé par la Région Pays de la Loire et les Fonds Européen de Développement Régional, 130 k€) "Dihydrochalcones actifs issus des pommiers : vers une valeur ajoutée à la production locale de pommes" ;
- **UPROAR** (2019-2022) (projet défi scientifique du RFI Objectif Végétal, thèse de Thomas Charpentier, financé par Angers Loire Métropole et la Région Pays de la Loire, 110k€, collaboration entre le SONAS et l'IRHS-équipe FUNGISEM) "Conception in silico-guidée d'antifongiques hémisynthétiques ciblant la voie Unfolded Protein Response (UPR) : Vers une protection alternative des cultures" ;
- **BRAF** (projet de développement méthodologique soutenu par la SFR QuaSaV) dont l'objectif est la 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 réalisé en collaboration entre le SONAS et l'IRHS – équipes FUNGISEM et SMS.

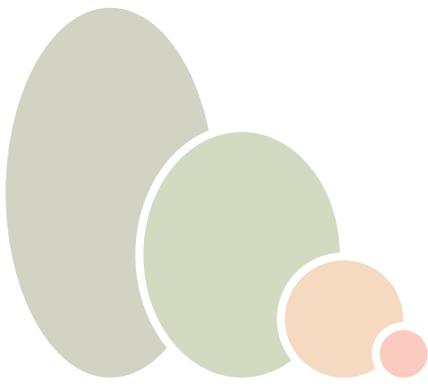
Principales valorisations 2019

- Babonneau J, Bréard D, Reynaert ML, Marion E, Guilet D, Saint-André JP, Croue A, Brodin P, Richomme P, Marsollier L. (2019). Mycolactone as Analgesic: Subcutaneous Bioavailability Parameters. *Frontiers in Pharmacology*, 2019, 10, article 378 - doi: 10.3389/fphar.2019.00378
- Ville A, Viault G, Helesbeux JJ, Guilet D, Richomme P, Seraphin D (2019). Efficient Semi-Synthesis of Natural delta-(R)-Tocotrienols from a Renewable Vegetal Source, *Journal of Natural products*, 82, 51-58

Perspectives 2020

Acquisition mutualisée avec le plateau ASTRAL, géré par la SFR MATRIX, d'un **spectromètre de masse haute résolution** (MS et MS/MS) couplé à une chaîne UHPLC, d'un montant de 290 k€ (Financement : ANR Labcom FeedInTech & Région Pays de la Loire dans le cadre de l'appel à projets équipement).

Pour le pôle végétal, cet équipement de pointe sera un facteur de développement des activités de recherche du SONAS portant sur la valorisation des métabolites secondaires d'origine végétale. Il permettra à la fois de discriminer des composés compris dans des matrices complexes, de les identifier et les caractériser, de développer des analyses métabolomiques, ce qui correspond à une évolution forte des demandes des projets de recherche accompagnés par le laboratoire, ou de constituer des bases de données spécifiques (exemple : phytoalexines et autres dérivés phénoliques du pommier en collaboration avec l'IRHS). L'équipement permettra également de répondre aux forts besoins analytiques du projet ANR LabCom FeedInTech porté par le laboratoire SONAS qui vise notamment à caractériser et comprendre les mécanismes d'action d'actifs d'origine végétale à faible dose dans l'alimentation animale.



PLATEFORME

SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

Responsable

Ronan Symoneaux, Groupe ESA - r.symoneaux@groupe-esa.com

Présentation de la plateforme

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

- Faire bénéficier les membres de la SFR QuaSaV des compétences et 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.

Senso'Veg

Équipements

La liste des services et équipements du plateau technique figure sur le site :

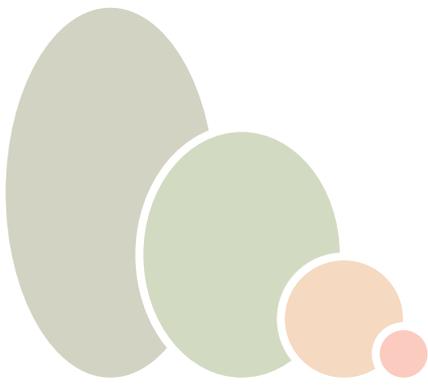
<https://www.pluginlabs-ouest.fr/en/entity/201521796-sensoveg-plateforme-danalyse-sensorielle>

Principaux projets en cours

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 :
 - **JINNOV** : Développement des Jus de pomme INN-OVants 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 (Region 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 financée par Europe et 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 accepté CASDAR RT

Activités de prestations

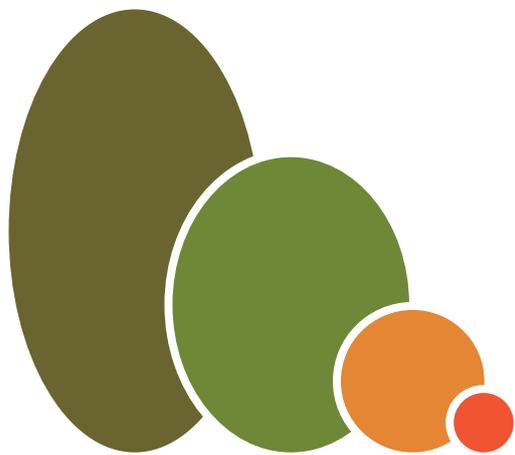
En parallèle des activités avec des équipes de recherche, la plateforme Senso'Veg réalise des prestations pour des entreprises privées. Trois types de prestations principales sont réalisés : des analyses sensorielles par panel entraîné, des tests hédoniques et des focus group par des consommateurs.

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, les oignons, les échalotes, les pommes, le vin et le cidre mais d'autres fruits et légumes et d'autres produits alimentaires ont également été dégustés.

L'expertise méthodologique de la plateforme a également été sollicitée pour des consultances et formations au sein d'entreprises de la filière fruits et légumes.

Perspectives 2020

Dans le cadre du développement méthodologique de la plateforme, une modernisation de l'ensemble du matériel sera réalisée. Chaque cabine de la salle d'analyse sensorielle sera équipée d'un écran vidéo de grande taille permettant la diffusion de flux audio-vidéo. Le réseau informatique sera retravaillé pour pouvoir y intégrer 25 tablettes numériques.



Rubriques libres

Programme RFI Objectif Végétal



Recherche

20 propositions ont été déposées dans le cadre de l'appel à projets interne "défis scientifiques" 2019, dont 10 thèses environnées, 3 post-doc environnés et 7 projets starters (fonctionnement seul). 1 projet a été écarté au stade de l'éligibilité. 19 projets ont fait l'objet d'une évaluation par un panel de 37 experts externes dont 17 étrangers.

Tous financements confondus, ont été sélectionnés 4 thèses, 2 post-doc et 2 starters pour un montant total de financement de 0,78 M€.

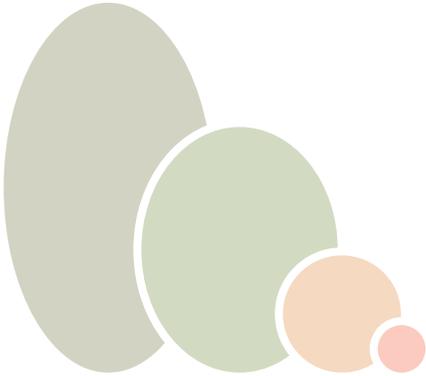
Liste des projets défis scientifiques sélectionnés :

Acronyme	Unité - équipe porteuse	Coordinateur	Titre du projet /Mots clés
Thèses			
FlaResCAAd	IRHS - QuaRVeg	Mathilde BRIARD / Latifa HAMAMA	Flavonoids and resistance of Carrot to <i>Alternaria dauci</i> / Leaf blight, Quantitative resistance, Carrot, Secondary metabolites, UHPLC-ESI-MS ⁿ , CRISPR/Cas9 genome editing
SPADES	IRHS - BIDefl	Sébastien AUBOURG Jean-Pierre RENO	Functional characterization of a new family of secreted peptides involved in defense and development control in <i>Arabidopsis</i> / hormonal peptide, phytoctokine, ROS detoxification, defense signaling, root development, pathogen resistance
TEXT-EAU-TERREAU	EPHor	Jean-Charles MICHEL	Substrate Texture: A unifying approach to explain and control Physical Properties and Water Efficiency in Horticultural Substrates / particle size, particle shape, structure, hydrophobicity, water retention
UPROAR	SONAS	Pascal RICHOMME	In silico-guided design of semisynthetic antifungal derivatives targeting the Unfolded Protein Response (UPR) pathway: Towards an alternative crop protection / plant pathologies, phytochemistry

Post-doc			
ECLENUS	IRHS - SMS	Françoise MONTRICHARD	Exploring new ways to control Legume nitrate utilization and signaling / sustainable agriculture, agronomic context, <i>Medicago truncatula</i> , nitrate signal, primary root growth, early legume establishment, reactive oxygen species, differential gene expression, metabolomics, fluxomics
epiDT	IRHS - Concerto	Jérôme VERDIER	Deciphering the molecular switch of seed desiccation tolerance to improve plant stress tolerance / chromatin conformation, epigenetics, desiccation tolerance, seeds, stress
Starters			
THERMIT	IRHS - SMS	David MACHEREL	Building subcellular thermometers to study plant mitochondria self-warming in the context of cold tolerance / mitochondria, cold tolerance, freezing tolerance, thermosensor
TRANSMISSION	IRHS - EmerSys	Armelle DARRASSE	Transcriptome profiling of plant-bacterial interactions during seed transmission / Seed transmission, seed development, transcriptomes, methylomes, <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>fuscans</i>

Les résumés de ces projets sont disponibles sur le site Internet du programme RFI Objectif Végétal.

Depuis la mise en place du RFI, 60 projets "défis scientifiques" ont été engagés correspondant à 5,4 M€ de financements mobilisés.



Programme RFI Objectif Végétal

Formation

La Summer School Plant Science 2019 s'est déroulée du 24 juin au 12 juillet 2019 avec 22 étudiants (7 étudiants brésiliens, 6 chinois, 2 colombiens, 4 européens, 1 africain, 1 australien et 1 ukrainien) de niveau Master ou Licence. Elle a à nouveau reçu le label "Ecoles d'été France excellence 2019" de l'Ambassade de France en Chine. La coordination scientifique est assurée par Marion Fischer-Le Saux (INRAE) et Pascal Poupard (Univ Angers).

L'anglicisation de 2 parcours de formation a été initiée : le semestre 2 de la licence professionnelle Agronomie parcours "sélection expérimentation" de l'ESA, avec en particulier un partenariat avec l'Université des Sciences Appliquées de Dronten aux Pays-Bas, le parcours Semences et Plants du Master 2 Biologie Végétale, porté par Agrocampus Ouest, mutualisé avec le parcours ingénieur SEPRO d'Agrocampus Ouest.

Innovation – renforcement des liens entreprises-recherche

- 7 thèses CIFRE ou industrielle ont été déposées en 2019, dont 4 avec des entreprises régionales.
- 5 déclarations d'invention ont été déposées.
- 50 participants à la Journée Entreprises-Recherche du 31 janvier 2019 co-organisée avec Végépolys : "Lever les nouveaux verrous de la sélection variétale".
- 3 numéros de La boîte à innovations d'Objectif Végétal ont été mis à jour :
 - N°3 : La qualité germinative de graines, un levier pour augmenter les rendements
 - N°9 : Atteindre la triple performance par l'éco-quali-conception© - Cas de la filière Vin
 - N°11 : Culture hors-sol et/ou sous abri - Optimisez votre climat et vos supports de culture !

Stratégie internationale

7 mobilités supérieures à une semaine (5 sortantes et 2 entrantes) ont été réalisées dans le cadre de la Stratégie Internationale du RFI. Ces mobilités ont concerné une étudiante de Master en pré-thèse, 3 doctorants, 1 assistante d'ingénieur et 9 chercheurs/enseignants-chercheurs. Elles représentent la moitié des 14 mobilités de plus d'une semaine réalisées par les personnels de la SFR QuaSaV (8 entrantes et 6 sortantes).

4 mobilités sortantes ont été financées dans le cadre de l'appel à projets "mobilités entrantes et sortantes" du RFI. En particulier, Jean-Jacques Helesbeux et Guillaume Viault du SONAS ont réalisé une mobilité de 2 semaines en Autriche dans le cadre d'une collaboration avec le Center for Molecular Biosciences Innsbruck (Autriche) pour la mise en œuvre d'un projet "*In silico*-guided design of semisynthetic derivatives", et notamment pour se former à l'utilisation des logiciels de criblage *in silico* avec les spécialistes de modélisation du CMBI. Alexandre Degrave de l'IRHS-équipe RESPOM a réalisé une mobilité de 3 mois au Plant & Food Research (Nouvelle Zélande) au sein de l'équipe Host-microbe interaction de Joanna Bowen pour mettre en œuvre un projet "EXPLoring apple Induced Resistance with New-Zealand partners".

Communication

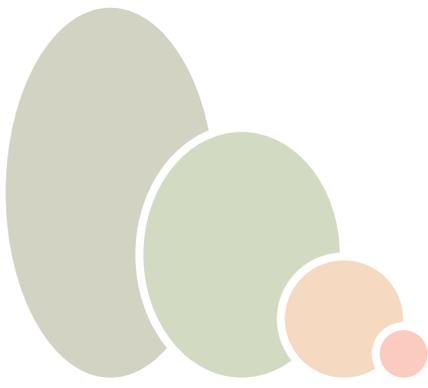
A l'occasion de l'année mondiale de la santé des plantes, de la FAO, les partenaires recherche, formation et innovation sur le végétal en Pays de la Loire proposent un document synthétique qui reprend une sélection de résultats de recherche, de formations et d'innovations dans ce domaine.

Culture scientifique et technique

Dans le cadre de l'appel à idées Culture Scientifique et Technique du programme RFI une vidéo sur la création variétale des plantes ornementales a été co-produite par Terre des Sciences et INRAE avec la participation de l'Institut de recherche en horticulture et semences (IRHS), Sapho, la Ville d'Angers et Végépolys Valley.

Le programme RFI a également apporté un soutien à l'organisation des colloques Graines et GreenSys 2019.





IRHS Institut de Recherche en Horticulture et Semences

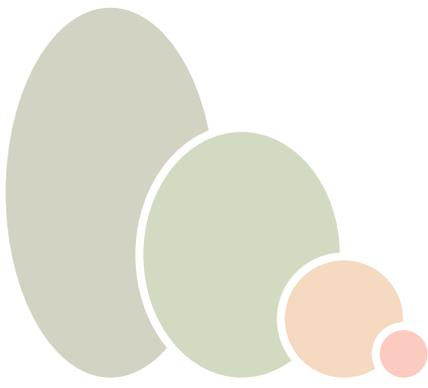
L'IRHS a connu quelques réorganisations fonctionnelles en 2019 :

- L'équipe ARCH'E s'est scindée en deux équipes :
 - STRAGENE (STructure et RAmification en réponse à l'interaction GEnotype – eNvironnEment) animée par J. Bertheloot dont le projet est de fournir une compréhension intégrée de la régulation environnementale et génétique de la plasticité structurale de la plante, et application en milieu contrôlé et en milieu urbain.
 - STREMH0 (STress, Epigénétique et Mémoire des plantes H0rticoles) animée par N. Leduc, dont le projet est l'étude de l'impact des stress abiotiques sur les régulations épigénétiques du développement et la mémoire des plantes horticoles (ornement, maraichage). Applications aux méthodes alternatives aux traitements chimiques.
- L'équipe QUALIPOM est devenue VADIPOM (VALorisation de la DIversité des POMoïdées), toujours animée par F. Laurens, avec un recentrage du projet sur le transfert et la valorisation des résultats de la recherche en matière de création variétale et de gestion des ressources génétiques chez les fruits à pépins (outils, méthodes, matériel végétal innovant). A cette occasion, les chercheurs et enseignants-chercheurs de l'équipe ont rejoint l'équipe RESPOM.
- L'équipe EPICENTER est devenue VALEMA (VALorisation of Epigenetic Marks in plAnts), animée par J.M. Celton, recruté Maître de Conférences par l'Université d'Angers en 2019 consécutivement au départ d'E. Bucher vers Agroscope fin 2018. Le projet de l'équipe est recentré sur l'acquisition, la mémorisation et la valorisation des marques épigénétiques chez les plantes pérennes à multiplication végétative.
- Enfin le collège de direction de l'IRHS a été remodelé au milieu du second contrat, en vue de la préparation de l'évaluation HCERES de 2021, et surtout du changement de direction qui interviendra pour le prochain contrat d'UMR en janvier 2022. Il est maintenant composé de J.P. Renou (Directeur de l'Unité), M. Briard (DU Adjointe), M.A. Jacques (DUA, future DU), N. Leduc (DUA), P. Vandaële (DUA), F. Laurens, O. Leprince et P. Poupard.

Du point de vue des infrastructures, il faut noter l'installation des équipements de Phénotypage PHENOGRID et PHENO-BEAN dans le cadre du projet PHENOTIC2 financé par le Contrat de Plan Etat Région (CPER) courant, ainsi que le lancement, via le concours d'architecte en décembre 2019, de l'opération immobilière de PHENOTIC2. Ce projet immobilier verra, d'une part, la construction d'une extension des hangars en prolongement de la serre S0 (elle hébergera des chambres de cultures, des salles de montage de robots et des espaces de bureaux), d'autre part, une serre destinée à héberger des robots mobiles de phénotypage pour des plantes horticoles de différents formats, comprenant deux chapelles d'environ 360 m² chacune.

2019 fut également l'année du lancement du futur CPER (2021-2026). Dans ce cadre, un projet immobilier a été soumis à INRAE et validé par la direction, il est en cours d'étude par les partenaires des collectivités territoriales. Ce projet vise à améliorer nos infrastructures pour faciliter l'accueil d'étudiants ou de petits groupes d'étudiants au sein de l'IRHS pour une intégration plus forte de la formation et de la recherche, par exemple dans le cadre de projets à venir du type Graduate-school (parcours master-doctorat d'excellence) souhaité par nos tutelles sur le site angevin. Si ce projet est retenu par l'ensemble des partenaires du CPER, il comprendra deux volets : la finalisation des extensions de bâtiments sur Phénotic (salle de TP et bureaux complémentaires) et la modification des bâtiments INRAE pour construire un grand espace de co-working et une nouvelle salle de réunion. Sont également prévus des aménagements complémentaires pour améliorer l'accueil d'étudiants en situation de handicap.





IRHS

Institut de Recherche
en Horticulture et Semences

L'IRHS a accueilli 5 nouveaux chercheurs en 2019 :

- S. Paillard (CR-INRAE, équipe GDO),
- A. Sarniguet (DR INRAE, équipe EMERSYS),
- M. Simonin (CR INRAE, équipe EMERSYS),
- J.M. Celton (MC UA, équipe VALEMA)
- A. El Ghasiri (MC AO, équipe IMHORPHEN)

Et 2 soutiens techniques :

- C. Le Bigot (TR INRAE, équipe IMHORPHEN/ PHENOTIC)
- N. Poutier (TR AO, équipe PAIGE).

Côté projets nationaux ou internationaux :

J. Verdier (IRHS-équipe CONCERTO) a obtenu un

Thèses commencées en 2019

AMOROSO Thomas. Analyse architecturale, physiologique et moléculaire des réponses génotypes-spécifiques du rosier buisson à la lumière. Directeur de thèse : S. Sakr (IRHS-éq.STRAGENE). Financement : CIFRE – ASTREDHOR.

DUBREU Ophélie. Développement d'un nouveau concept de protection des cultures à travers le criblage et la formulation d'extraits de plantes actifs sur les mécanismes d'adaptation des principaux agents fongiques pathogènes des plantes. Directeur de thèse : T. Guillemette (IRHS-éq.Fungisem). Financement : CIFRE - GREEN IMPULSE.

EL ZINE Mouad. La vision numérique en 3D et la robotique au profit du phénotypage des plantes. Co-directeurs de thèse : D Rousseau - P Rasti (IRHS-éq.ImHorPhen - LARIS). Financement : Région Pays de la Loire - Connectalent PACINP.

Post-docs commencés en 2019

ABADIE Cyril. IRHS-éq.SMS. Régulation du métabolisme des semences à l'aide d'outils isotopiques. Financement : Région Pays de la Loire Connectalent ISOSEED.

DUTAGACI Helin. IRHS-éq.IMHORPHEN. Traitement d'image 3D pour les plantes. Financement : Région Pays de la Loire - Connectalent PACINP.

TANNOUS Joanna. IRHS-éq.ECOFUN. How does *Venturia Inaequalis* VlrulenCe emerge worldwide ? Financement : RFI Objectif Végétal (Région Pays de la Loire – FEDER).

projet ANR Jeune chercheur DESWITCH (Deciphering the molecular switch of seed desiccation tolerance to improve plant stress tolerance).

M. Barret (IRHS-équipe EMERSYS) un projet AFRI (Inheritance Of Abiotic Stress Tolerance Through Seed Microbiome Modification, coordonné par Ashley Shade, Michigan State University).

Enfin dans le cadre de l'AAP du Plan Prioritaire pour le Recherche "Protéger et Cultiver Autrement" M. Barret a coordonné le montage d'un projet structurant pour l'IRHS car il implique tous ses acteurs travaillant sur les semences : SUCSEED pour "Stop the Use of pesticides on Seeds by proposing alternatives".

GARBOUGE Hadhami. Embedded machine and deep learning for low-cost phenotyping. Co-directeurs de thèse : D. Rousseau - N. Sapoukhina - P. Rasti (IRHS-éq. IMHORPHEN - LARIS). Financement : projet H2020 INVITE.

GUILLOU Marie-Charlotte. Caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle famille de peptides sécrétés impliquée dans la régulation de voies de défense et de développement chez *Arabidopsis thaliana*. Co-directeurs de thèse : S. Aubourg – J-P. Renou (IRHS-éq.BIDEFI). Financement : Université d'Angers / RFI Objectif Végétal (Région Pays de la Loire).

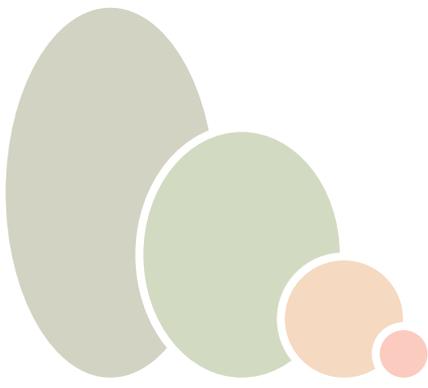
LALLEMAND Tanguy. Evolution des gènes dupliqués chez le pommier. Co-directeurs de thèse : C. Landès – J-M. Celton (IRHS-éq.BIDEFI-VALEMA). Financement : INRAE BAP.

LEDUC Martin. Evolution des gènes dupliqués au sein du genre *Rosa* et les *Rosoides*. Directeur de thèse : C. Landès, N. Leduc - J. Clotault (IRHS-éq.BIDEFI-STREMHO-GDO). Financement : Université d'Angers.

TARKOWSKI Lukasz Pawel. IRHS-éq.SMS. Exploring new ways to control Legume nitrate utilization and signaling. Financement : RFI Objectif Végétal (Région Pays de la Loire – Angers-Loire-Métropole).

WINDELS David. IRHS-éq.RESPOM. Projet FUI PROTECT+: déployer la protection des plantes par le biocontrôle.

WINDELS David. IRHS-éq.CONCERTO. Deciphering the molecular switch of seed desiccation tolerance to improve plant stress tolerance. Financement : RFI Objectif Végétal (Région Pays de la Loire).



EPHor Environnement physique de la plante horticole

Congrès GreenSys2019

Le symposium international GreenSys 2019 sur les technologies de pointe et la gestion des serres innovantes s'est tenu du 16 au 20 juin 2019 au Centre de Congrès d'Angers (France). GreenSys2019 a été co-organisé par Agrocampus Ouest, le Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL) et l'Institut National de la Recherche en Agriculture, Agroalimentaire et Environnement (INRAE), en partenariat avec Végépolys Valley (pôle de compétitivité français) et avec le soutien d'Angers Loire Métropole, de la ville d'Angers, du Conseil Départemental du Maine et Loire et de la région Pays de la Loire.



Les participants ont partagé idées et connaissances et discuté des perspectives récentes et futures dans le secteur des cultures protégées. Environ 650 congressistes étaient réunis dont 430 scientifiques et 220 professionnels de 40 pays. Des sessions scientifiques ont été organisées s'articulant autour de 12 thématiques. L'édition GreenSys2019 du symposium a révélé l'intérêt croissant pour les usines à légumes (3 sessions) et les technologies d'éclairage (4 sessions). GreenSys 2019 a aussi inauguré une nouvelle session sur la production biologique sous serre. Une session technique dédiée aux professionnels a été également organisée. Elle comportait 11 présentations de synthèse par des scientifiques et 2 par des représentants de sociétés.

Deux ateliers thématiques étaient aussi programmés : le premier par le groupe de travail sur les Cultures de serre du réseau d'instituts de recherche sur les légumes européens (EUVRIN) et le second sur la modélisation du climat sous serre par des approches de mécanique des fluides numérique (CFD Computational Fluid Dynamics).

Le prochain congrès GreenSys 2021 (Symposium international sur les nouvelles technologies pour des systèmes de serres durables) aura lieu du 24 au 28 octobre 2021, à Cancún (Mexique). Il sera organisé par les Dr Irineo Lopez Cruz et Efrén Fitz-Rodríguez, de l'Université de Chapingo.

Installation Ex- périmentale Rue Canyon

L'unité de recherche EPHor a finalisé en 2019 la construction d'une nouvelle installation expérimentale de recherche, une rue canyon arborée en milieu extérieur à l'échelle 1/5^{ème}. La rue mesure 16m de long, 2m de large et 2m de haut. Elle est actuellement végétalisée avec des pommiers d'ornement "*malus coccinella*". Il s'agit d'une installation unique en France pour étudier les interactions entre végétal et climat urbain. La rue dispose d'une instrumentation complète qui permet de quantifier les transferts d'eau et d'énergie dans le continuum sol-arbre-atmosphère. Les mesures portent sur le compartiment aérien : températures, flux de chaleur aux parois, humidité, rayonnement, vitesse de l'air ; le compartiment racinaire : température, potentiel matriciel, teneur en eau, ainsi que sur l'arbre en tant que tel : flux de sève, résistance stomatique, température de feuille. La rue Canyon permet d'étudier des phénomènes tels que la surchauffe urbaine, l'écophysio-physiologie des plantes en milieu urbain, ou la gestion de l'eau d'arrosage des espaces verts. Cette installation sert actuellement de support au projet de thèse collaboratif EPHor-IRHS Clisetics, cofinancé par l'ADEME, la Région Pays de Loire et le RFI Objectif Végétal (thèse de S. Mballo, 2018-2021).

UP EPHOR

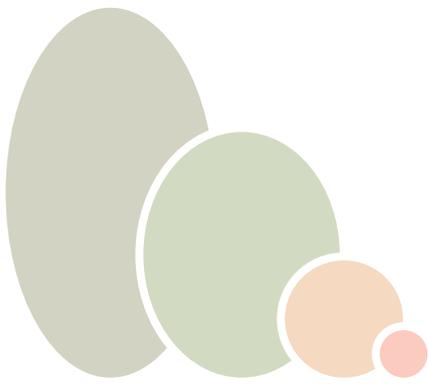
ENVIRONNEMENT PHYSIQUE
DE LA PLANTE HORTICOLE



Nouvelles thèses commencées en 2019

KUNNEMANN Tom. Les espaces verts urbains : puits ou source de gaz à effet de serre ? Directeur de thèse : P. Cannavo. Financement : ADEME- Région Pays de Loire.

DURAND Stan. Expliquer et contrôler les propriétés physiques et l'efficacité de l'eau dans les substrats horticoles par l'étude de leur texture. Directeur de thèse : J-C Michel. Financement : entreprises, RFI Objectif Végétal (Région Pays de Loire), Agrocampus Ouest.



GRAPPE

Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés

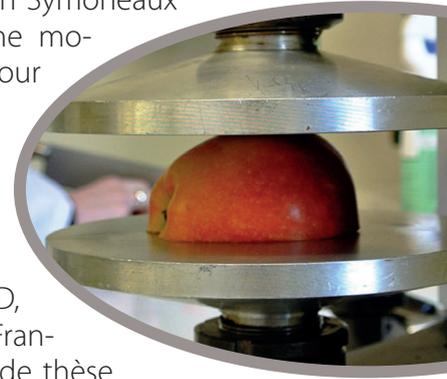
De gros projets comme Renessens, VitiSmart, Maturabaie ou O3Grape2.0 se sont achevés. Les efforts ont été aussi portés pour exécuter des projets structurants comme le projet FEDER-AVATEC.

La valorisation scientifique de ces projets est loin d'être terminée même si 17 articles répertoriés dans la base de données "Web of Science" ont été publiés sur l'année 2019. Si nous ramenons cet effort aux 5,58 ETP disponibles en enseignant-chercheurs et chargé de recherche nous arrivons à un ratio de 3,05 articles/ETP, ce qui est un résultat honorable.

De nouveaux projets ont été présentés et acceptés (JINNOV, CREAGAM ou DEXINNOV), en particulier

par notre collègue Ronan Symoneaux et qui demanderont une mobilisation de l'équipe pour 2019/2020.

D'autres projets, comme par exemple le projet Européen Protein 4.2 (Horizon H2020), le projet Leap-Agri CASFOOD, le projet AppleAdapt (FranceAgriMer) ou le projet de thèse présenté au RFI Objectif Végétal, n'ont pas été retenus.



Activités études/prestations

Dans son organisation interne, le GRAPPE dispose d'une cellule Transfert et Innovation dotée en 2018/2019 d'une ingénieure recherche (1,0 ETP) et de deux techniciennes à temps partiel (1,1 ETP). Cette année, avec l'appui des enseignants chercheurs et chargé de recherche du GRAPPE, l'équipe

de la cellule transfert et innovation a fait un gros travail de présentation de 40 devis, avec un taux d'acceptations de 52% de projets entreprise.

Cet effort permet d'afficher un chiffre d'affaire important de 141 k€ pour 2018/2019 en hausse par rapport à l'année précédente.

Ressources Humaines

Deux collègues ont terminé leurs contrats :

- Magdalena Czyrnek-Deletre, post Doctorante dans le cadre des projets Scale et Eco3Vic en avril 2019 ;
- Pierrine Didier, post doctorante INRAE, accueillie dans le cadre du projet SafeConsum en mai 2019.

Suivant la politique de l'ESA pour renforcer la compétence et l'expertise de ses enseignants-chercheurs, Chantal Maury a obtenu son HDR en juillet 2019.

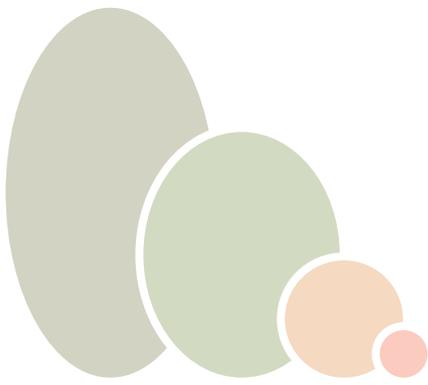
Nouveaux post-docs commencés en 2019

GABRIELLI Mario, qui est passé du projet O3GRAPE2.0 (post-doc international RFI Objectif Végétal - tutelle Université d'Angers) au projet O3Vins (Améliorer l'efficacité des intrants et maîtriser les bio-agresseurs (approche préventive et curative) - tutelle ESA). Financement : Région Pays de la Loire, Vins du Val de Loire.

ROUAULT Anthony, dans le cadre des projets Vitipoly

(Malette pédagogique d'Eco-Quali-conception® appliquée au Végétal spécialisé- Cas d'étude : viticulture) et O3Vins. Financement : RFI Objectif Végétal, Région Pays de la Loire.

ROUIAI Nashidil, dans le cadre du projet OENOBIO-TOUR Oenotourisme et Biodiversité. Financement : AngersTourismLab – Angers-Loire-Métropole.



LEVA

Laboratoire de Biologie et Pathologie Végétales

Projets

Le projet européen PRIMA DiVicia que l'Unité a déposé en tant que coordinatrice, a été accepté. DiVicia vise à diversifier les systèmes de céréaliers méditerranéens en incluant une diversité génétique locale de féverole et de vesces résistantes au stress hydrique. Le consortium comprend 13 partenaires dont le LEVA, appartenant à 4 pays méditerranéens en Europe (France, Italie, Espagne, Portugal) et 4 pays méditerranéens hors Europe (Maroc, Tunisie, Algérie, Liban).

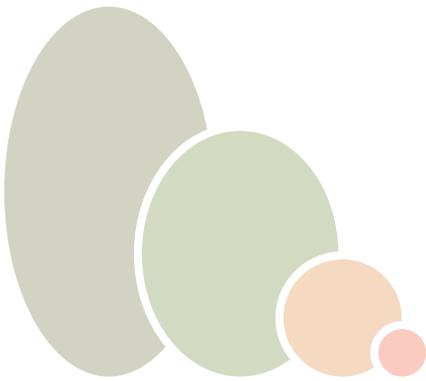
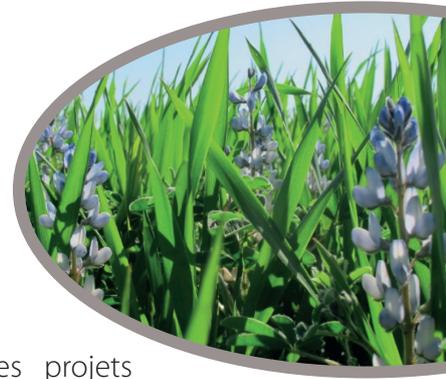
Composition de l'Unité

En 2019, le LEVA a prolongé le contrat de post-doc de Loïc Viguier, financé par le projet H2020 DiverIMPACTS.

L'équipe d'enseignants-chercheurs s'est réduite avec le départ de Marie Mawois de l'ESA.

Colloques

Le LEVA, partenaire des projets H2020 DiverIMPACTS et DIVERSify fait partie du cluster européen sur la diversification des cultures. C'est dans ce cadre qu'un membre du LEVA a fait partie du comité scientifique du colloque international "European Conference on Crop Diversification 2019", à Budapest (Hongrie, 18-21 septembre).



SiFCIR

Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs

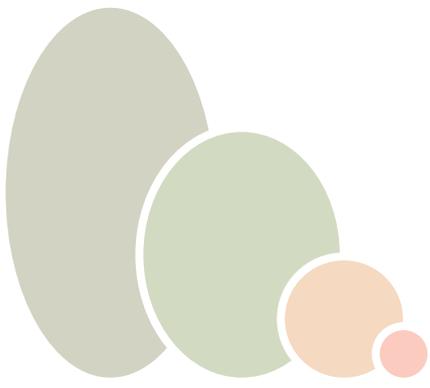
Soutenance de thèse

Le 24 avril 2019, Javier Pitti Caballero a soutenu sa thèse dont les travaux portaient sur la nanoencapsulation d'un agent synergisant chimique, la delta-méthrine pour potentialiser l'effet d'un insecticide, l'indoxacarbe contre les insectes nuisibles.

Prix SFR QuaSaV

Alexandre Bantz a remporté un prix lors de la Journée des Doctorants de la SFR QuaSaV grâce à ses travaux qui portent sur l'effet des doses sublétales d'imidaclopride chez la blatte *Periplaneta americana*.





LSV - BVO

Bactériologie, Virologie et OGM

Organisation d'un workshop sur le diagnostic et d'un séminaire pour le Réseau Français pour la santé végétale (RFSV)

Un workshop relatif au diagnostic sur végétal a été organisé le 18 novembre 2019 à la Clinique du végétal à Orléans dans le cadre du RMT-VEGDIAG par la FREDON Centre en partenariat avec l'Unité bactériologie, virologie, OGM du laboratoire de la santé des végétaux-Anses (UBVO), l'ACTA et le GEVES. Les 50 participants, opérateurs de la production agricole, ont découvert les méthodes de diagnostic employées selon les organismes nuisibles au travers d'ateliers notamment dédiés à la bactériologie et la virologie animés par les spécialistes d'UBVO.

Ce workshop fut suivi le 19 novembre par l'organisation du 10ème Séminaire du Réseau Français pour la santé végétale (RFSV) par l'unité BVO-LSV à Maison-Alfort, siège de l'Anses. Il est à noter que la réunion de lancement du RFSV avait été initiée en 2011 également par l'Anses. Ces séminaires annuels sont organisés sur la base d'un secrétariat tournant entre les organismes acteurs de la santé végétale et grâce aux ressources allouées au réseau mixte technologique (RMT) VEGDIAG

dédié au diagnostic des nuisibles aux végétaux. La journée a été consacrée à l'information des acteurs quant aux nouvelles réglementations européennes en matière phytosanitaire, contrôles officiels et laboratoires de référence UE ou nationaux (DGAL) ainsi qu'à celle relative à la séparation du conseil de la vente des produits de lutte (ACTA). Des interventions plus techniques étaient également à l'ordre du jour telles que la présentation de la plateforme d'épidémiosurveillance en santé du végétal (INRAE), la surveillance biologique du territoire (DGAL), le nouveau projet de RMT et l'organisation des données (ACTA), l'étude des résistances des organismes nuisibles aux produits phytopharmaceutiques (unité CASPER de l'Anses). 80 participants ont suivi cette journée dont notamment une classe de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA) de l'université de Lorraine.





SONAS Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux

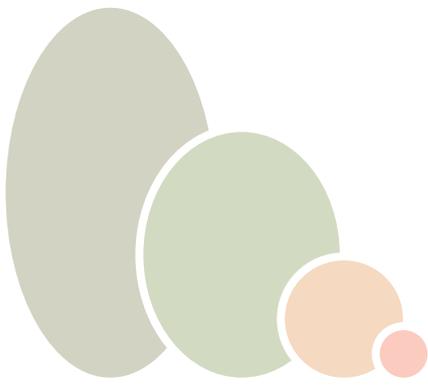
En réponse à une infection fongique, les plantes produisent des molécules de défense, les phytoalexines. Les équipes de l'IRHS-FUNGISEM et du SONAS ont démontré en 2012 que le mécanisme de défense du champignon phytopathogène *Alternaria brassicicola* pouvait cependant être contourné. Comme d'autres phytopathogènes *Alternaria brassicicola* est en effet capable de se protéger contre les phytoalexines indoliques biosynthétisées par ses plantes cibles, les *Brassicaceae*. Cette protection est précisément régulée par l'activation de voies de signalisation dédiées conduisant à des caractères de résistance tels que le Cell Wall Integrity (renforcement pariétal). Mais cette résistance est réversible : des inhibiteurs des effecteurs spécifiques de ces voies de signalisation peuvent ainsi « restaurer » les défenses naturelles des plantes qui, en retour, redeviendront sensibles aux phytoalexines et autres biocides.

Nouvelle thèse commencée en 2019

CHARPENTIER Thomas. Conception *in silico*-guidée d'antifongiques hémisynthétiques ciblant la voie "Unfolded Protein Response" (UPR) : vers une protection alternative des cultures. Co-directeurs : P. Richomme-Peniguel, T. Guillemette et G. Viault. Financement : RFI Objectif Végétal (Angers-Loire-Métropole – Région Pays de la Loire).

C'est de cette façon que les équipes de l'IRHS-FUNGISEM et du SONAS ont conceptualisé, à partir d'inhibiteurs naturels des PKc, la notion de Sensitine® qui a été reprise, sous licence d'exploitation exclusive (SATT Ouest Valorisation - Université d'Anger), par la start-up angevine Green Impulse créée en janvier 2019. Engagée dans le développement de bio-intrants agricoles innovants et permettant de réduire l'usage des produits phytosanitaires conventionnels, Green Impulse ambitionne de commercialiser, dès 2024, une formulation à base de Sensitine® comme synergiste de biocontrôle.





IGEPP- équipe EGI Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes

Développement des collaborations avec le Chili et le Brésil

Pour la composante angevine de l'UMR IGEPP, l'année 2019 a été marquée par le développement de collaborations scientifiques et pédagogiques avec nos partenaires sud-américains au Chili et au Brésil. Afin de poursuivre le travail entamé avec le Prof. Odair Fernandes (UNESP-Brésil) lors de son séjour de 2 mois dans notre laboratoire en 2018, Yann Tricault s'est rendu dans son laboratoire d'écologie et entomologie appliquée pour une mission d'un mois et demi, bénéficiant d'un financement au titre des "chaires scientifiques dans l'état de São Paulo", coordonnées par le consulat français. Le projet de Chaire comportait un volet formation ayant pour thème "The ecosystem service of biological pest control: what should we know for designing alternatives to pesticides ?" et destiné aux Masters et thésards de l'Unité mais aussi une conférence invitée (13^e Winter Course in Entomology) sur le campus et la participation à un colloque international sur la lutte biologique (Siconbiol 2019) avec co-organisation d'une table ronde intitulée "Landscape Structure and Management: Effects on Biological Control?". Cette mission a permis d'engager un programme de recherche conjointe sur le contrôle biologique des ravageurs de la canne à sucre, appuyé dans un premier temps par un co-encadrement de Master. Elle se concrétisera également par l'accueil d'une doctorante brésilienne pour un an à partir de mars 2020.

Sylvia Anton reçoit pour un an le Professeur César Augusto Badji, de l'Université Fédérale Rurale de Pernambuco au Nord-Est du Brésil grâce à un financement CAPES Brésilien. Il étudie le comportement olfactif des insectes ravageurs soumis à des odeurs de plantes natives de milieu semi-aride brésilien. A

l'IGEPP, il acquiert des méthodes d'étude, comme l'analyse de la réponse sensillaire des antennes de l'antenne et initie une collaboration durable entre les deux institutions.

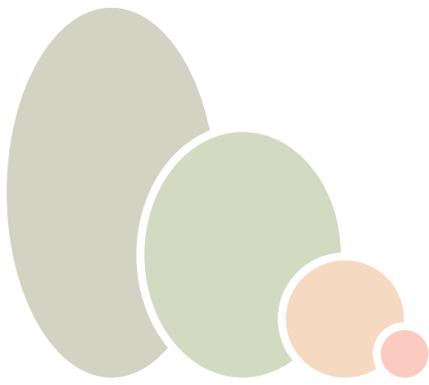
Bruno Jaloux a effectué une mobilité d'un mois à l'Université de Talca au Chili grâce à un financement européen et un financement complémentaire de l'ambassade de France au Chili. Ce séjour s'inscrit dans une collaboration initiée depuis 3 ans avec Blas Lavandero, du laboratoire de contrôle biologique de l'Université de Talca, qui s'est concrétisée par des échanges d'étudiants et le co-encadrement en cours d'une doctorante en cotutelle, Louise Lérault qui étudie l'impact de l'arrangement spatial des cultures associées céréales-légumineuses sur le contrôle biologique des populations de pucerons par les hyménoptères parasitoïdes. Cette mobilité avait aussi pour objectif l'organisation d'un workshop à destination des chercheurs, doctorants et étudiants chiliens, centré sur les méthodes d'étude de la dispersion et de l'acquisition des ressources par les ennemis naturels au champ. Ce workshop a eu lieu les 17 et 18 octobre 2019 à Talca.



Nouveau post-doc commencé en 2019

RAITIF Julien. Développer une démarche de modélisation bayésienne permettant de quantifier l'intensité du contrôle biologique en culture de *brassicacées*,

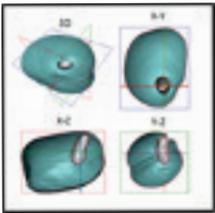
dans la cadre du projet Quanticontrol (2019-2020) "Quantifying the ecosystem service of pest biological control". Financement : UBL - Chaire AEI.



GEVES

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

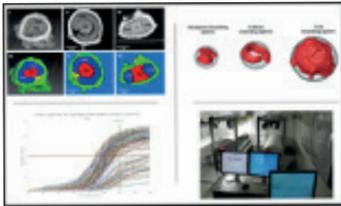
PeaMUST : quand les nouvelles technologies fournissent des outils performants pour la caractérisation de dégâts d'insectes sur semences



Le laboratoire d'Analyses Physiques du GEVES avait en charge dans le projet PeaMUST le phénotypage de collections de pois et de fèves par tomographie à rayons X pour la caractérisation de dégâts d'insectes sur semences. La mise au point des paramètres d'acquisition ainsi que le traitement d'image développé en interne, ont permis l'évaluation précise, automatique et à haut débit (30 semences/minute) des dommages causés par les bruches. En 2019, la dernière collection du projet a été phénotypée par le laboratoire sur la plateforme PHENOTIC. Au total, sur l'ensemble du projet, ce sont près de 3 500 génotypes et plus de 600 000 semences qui ont été analysés par tomographie.



AKER : l'année 2019 à haut débit !



Dans le cadre du projet AKER, le GEVES a phénotypé en 2019, sur la plateforme PHENOTIC près de 3000 génotypes de betterave pour ses caractéristiques de morphologie interne et de germination à 5°C. Plus d'une centaine des génotypes, les plus extrêmes, ont été analysés finement en tomographie RX 3D, germination à 10 et 20°C et croissance à 10°C. Les données sont intégrées dans la base de l'URGI (Unité de recherche en Génomique-Info) d'INRAE. La synthèse de toutes ces données sera conduite en 2020.

VIGERM : vers une évaluation rapide de la germination et de la vigueur des semences



Le projet VIGERM a démarré en 2019 pour une durée de 2 ans avec pour objectif de développer des tests rapides d'évaluation de la germination et de la vigueur des semences de 5 espèces de *Brassicacées* (chou-fleur, chou, radis, moutarde et chou chinois). Ce projet rentre dans le cadre d'une collaboration entre les comités de Germination, Vigueur et Technologies de l'ISTA (International Seed Testing Association). Le GEVES accueille au laboratoire de germination de la SNES au cours des 6 premiers mois du projet un enseignant-chercheur de l'Université d'Agriculture de Tokyo.

Workshop PathoLED



Le système de diode électroluminescente (LED, light-emitting diode) est aujourd'hui devenu une source de lumière majoritaire sur le marché. Néanmoins, la transition n'est pas si simple en pathologie végétale car les LEDs sont décrites comme favorisant les défenses des plantes. Un tel changement de source lumineuse peut impacter la réalisation des tests en pathologie végétale et modifier le comportement de la plante et/ou du pathogène. Le GEVES a organisé, le 14 mai 2019, le workshop international PathoLED (<https://www.geves.fr/actualites/evenements/workshop-patholed/>).

L'événement a réuni 97 personnes issues de 6 pays européens venus échanger sur l'impact de l'utilisation de lumières LED en pathologie végétale, lors d'une session scientifique et 4 tables rondes. Le GEVES a mis en place un outil en ligne (<https://www.geves.fr/outils/patholed/>) offrant l'opportunité de partager les expériences de chacun avec les LEDs en communiquant sur les conditions expérimentales (pathosystème, spectre lumineux...) et les résultats des tests (comparaison avec ceux obtenus avec d'autres sources lumineuses).



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

Harmores 3 : harmonisation de 6 nouveaux protocoles d'évaluation des résistances aux bioagresseurs pour l'OCVV



Ce projet, axé sur les résistances intermédiaires, avait pour but d'harmoniser 6 protocoles d'évaluation de la résistance des variétés légumières aux bioagresseurs lors des études de DHS (Distinction - Homogénéité - Stabilité) pour la protection des variétés et leur inscription au catalogue officiel. Les nouveaux protocoles harmonisés pour les couples hôtes/pathogènes étudiés (tomate/*Meloidogyne incognita* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, melon/*Podosphaera xanthii* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, pois/*Erysiphe pisi*) ont été acceptés par l'OCVV pour une prochaine publication officielle.

Détection du virus ToBRFV sur tomate



Les laboratoires de pathologie et de BioGEVES ont anticipé la nouvelle réglementation quarantaine de ce virus émergent sur tomate. Des essais de mise au point et de validation ont été réalisés pour mettre en place des nouvelles prestations de détection du ToBRFV sur semences. Des travaux sur plantules ont permis de confirmer la capacité du ToBRFV à contourner le gène de résistance Tm2.

Séminaire semences et biocontrôle



Dans le cadre de la transition agro-écologique, le biocontrôle est reconnu comme une réelle alternative aux pesticides mais qu'en est-il de ces solutions pour les semences ? Quels rôles et quelle importance le duo semences et biocontrôle doit-il revêtir ? C'est en plaçant les semences au cœur du sujet que le GEVES a co-organisé l'atelier scientifique Semences et Biocontrôle qui s'est tenu le 2 octobre à Paris. Une journée de présentations et de rencontres pour faire un point sur les avancées scientifiques et techniques en matière de biocontrôle pour les semences et sur les verrous et enjeux pour les semenciers et industriels du biocontrôle. Les nombreux échanges qui se sont tenus entre les acteurs publics et privés des deux secteurs donneront lieu en 2020 à un document de position commune sur les questions de recherche prioritaire semences et biocontrôle.

Aseeds : validation de solutions alternatives aux traitements phytosanitaires



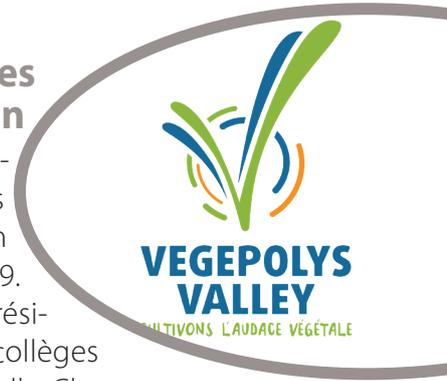
Le projet ASEEDS avait pour objectif de sécuriser l'implantation des cultures céréalières face à différents bioagresseurs ou des conditions climatiques contraignantes responsables de pertes à la levée. Pour cela, 12 partenaires issus du secteur privé ou public ont combiné leurs efforts en R&D sur 6 ans pour trouver une alternative aux traitements phytosanitaires afin de protéger les semences de maïs et blé. Plus de 90 solutions biologiques (extraits naturels ou micro-organismes) ont été criblées en laboratoire pour une action de protection contre un phytopathogène, de répulsion vis-à-vis des corvidés ou de stimulation en conditions simulant un semis précoce (conditions froides et humides). Le laboratoire de germination du GEVES a développé un test de levée du maïs en conditions contraignantes. Le laboratoire de pathologie a évalué la qualité sanitaire des lots de semences utilisés, mis au point 5 pathosystèmes et effectué le criblage vis-à-vis de la carie du blé. Deux solutions de biocontrôle et deux agents répulsifs ont finalement été validés aussi bien en conditions contrôlées qu'au champ. Quatre autres solutions ont montré un potentiel biostimulant en conditions contrôlées mais doivent encore faire leurs preuves au champ afin d'être pleinement validées.



VEGEPOLYS VALLEY

2019, la naissance de VEGEPOLYS VALLEY, le pôle de toutes les productions végétales dont le siège est toujours angevin

L'année 2019 est celle de la mise en place de la phase 4 pour les pôles de compétitivité. VEGEPOLYS a choisi de s'allier à Céréales Vallées, confrère spécialiste des grandes cultures positionné en région Auvergne Rhône Alpes pour écrire son nouveau projet pour les 4 années à venir. Les deux pôles ont fusionné en juin 2019. Séverine Darsonville, productrice et administratrice de Limagrain a été élue Présidente du pôle. La Recherche-Expérimentation-Formation compose un des 4 collèges et dispose de 10 élus au Conseil d'Administration dont 4 angevins : Emmanuelle Chevassus Lozza, représentante INRAE élue vice-Présidente en charge de la Recherche, Philippe Simoneau de l'Université d'Angers et Alain Tridon du GEVES également membres du bureau et Dominique Vollet d'Agrocampus Ouest.



Le nouveau pôle nommé VEGEPOLYS VALLEY s'étend sur 4 régions : Bretagne, Pays de la Loire, Centre Val de Loire et Auvergne Rhône Alpes et a son siège social à Angers.

Il regroupe 500 membres présents sur l'ensemble de la chaîne de valeur du végétal qui innove pour le végétal, sur le végétal et par le végétal. Ce réseau public-privé, pluri-filières, pluri-métiers, réunit toutes les expertises de l'amont à l'aval en passant par la production.

Face aux enjeux économiques, sociétaux, environnementaux, VEGEPOLYS VALLEY a pour ambition d'être le Pôle Mondial du Végétal pour des agricultures plus compétitives, plus qualitatives, respectueuses de l'environnement et de la santé.

Sa mission est de soutenir et rassembler les acteurs du végétal pour faire naître les innovations qui feront le monde de demain. Il stimule et accompagne la co-conception des innovations de l'amont à l'aval.

L'innovation se décline principalement en 7 axes :

- 3 axes pour une PRODUCTION végétale compétitive et de qualité, respectueuse de l'environnement, de la santé des consommateurs et des producteurs ;
- 4 axes pour le développement des USAGES alimentaires et non-alimentaires des végétaux en gagnant en qualité, praticité, services, naturalité.





VEGEPOLYS VALLEY

Concrètement, le métier principal du pôle est toujours d'accompagner les projets innovants en favorisant les collaborations public-privé.

Les chercheurs du réseau peuvent :

- Participer à des animations, des journées thématiques, des RDV One to One et des missions internationales pour faire connaître leurs travaux, rencontrer des entreprises, échanger et initier des projets.
- Bénéficier du réseau du pôle mondial du végétal (Entreprises, au national et à l'international).
- Faire soutenir leurs projets amont et leurs projets européens par le pôle pour bénéficier d'une attestation de soutien argumentée, évoluer dans un cadre de confidentialité maîtrisé et apporter une visibilité aux futurs résultats dans le cadre du pôle (selon vos souhaits). Noter qu'une nouvelle procédure plus simple permet l'étude du soutien sur la base du dossier complet et les formulaires administratifs ne sont demandés que si le projet est financé.
- Monter des projets partenariaux et collaboratifs en étant accompagné dans la construction de projets équilibrés et leur écriture et en bénéficiant d'accès privilégiés aux financeurs.

Ainsi, en 2019, les chercheurs de la SFR QuaSaV se sont particulièrement impliqués dans le VEGEPOLYS Symposium sur les biostimulants et le biocontrôle lors du SIVAL, dans la journée Entreprises-Recherche "Lever les nouveaux verrous de la sélection variétale" organisée en partenariat avec le programme RFI Objectif Végétal, dans la réunion Inspiration Innovation Interfilères, dans la journée "Les outils de l'agrophotonique pour la qualité et la santé du végétal", dans l'atelier "lumière et végétal" et dans le Carrefour des adhérents.

Sur l'année 2019, VEGEPOLYS VALLEY a soutenu et labellisé 76 projets dont 16 avec des partenaires de la SFR QuaSaV. Ces 76 projets représentent un budget total de 70M€ et 46 M€ d'aides demandées (hors projets structurants) et se répartissent ainsi: 6 projets innovants collaboratifs, 3 projets innovants individuels, 8 projets européens individuels et collaboratifs, 27 projets partenariaux, 24 projets académiques, 6 projets structurants et 2 projets d'expérimentation.

Les demandes de soutien et labellisation sont étudiées par le Comité de labellisation et d'Orientation de la Stratégie Innovation, le CLOSI qui intègre 5 chercheurs de la SFR QuaSaV parmi les 32 membres dont 12 membres du collège "Recherche et enseignement supérieur".

De plus, 7 membres de QuaSaV sont impliqués dans les Comité de Réflexion Thématique, CRT qui accompagnent chaque axe d'innovation.

Le pôle a également apporté son soutien aux colloques Graines et GreenSys et au GEA Arbre.



Glossaire

Unités de recherche

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

SIFCIR | Signalisation fonctionnelle des canaux ioniques et récepteurs
Université d'Angers, Inrae

SONAS | Substances d'origine naturelle et analogues structuraux
Université d'Angers

LBPV | Laboratoire de biologie et pathologie végétales
Université de Nantes

LEVA | Légumineuses, écophysiologie végétale, agroécologie
Esa, Inrae

GRAPPE | Groupe de recherche en agroalimentaire sur les produits et procédés
Esa, Inrae

EPHOR | Environnement physique de la plante horticole
Agrocampus Ouest

BVO | Bactériologie, virologie, OGM
Anses

Unité expérimentale

HORTI | Unité expérimentale horticole
Inrae

Partenaires

GEVES | Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences

VEGEPOLYS VALLEY | pôle de compétitivité sur le végétal, à vocation mondiale

Plateaux Techniques Mutualisés

ANAN | analyse des acides nucléiques

IMAC | imagerie cellulaire

COMIC | collection de microorganismes

Plateformes Technologiques

PHENOTIC | phénotypage des semences et des plantes

PHYTO | analyses phytochimiques

SENSOVEG | analyses sensorielles

Equipes associées

EGI de l'IGEPP | Équipe écologie génétique des insectes
Unité Institut de Génétique, Environnement et
Protection des Plantes
Inrae, Université Rennes 1, Agrocampus-Ouest

PRP de BIA | Équipe polyphénols, réactivité, procédé
Unité Biopolymères Interactions Assemblages
Inrae

