

FAITS MARQUANTS **2020**

**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 2020. Ils sont à lire et à analyser au regard des missions que nous nous sommes fixées en début de ce 3<sup>ème</sup> contrat, missions qui peuvent être synthétisées ainsi :

- Fédération autour des 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.

Malgré le contexte sanitaire particulier et les conditions dégradées d'activité tout au long de l'année 2020, l'activité a été forte pour les unités porteuses de la SFR QuaSaV puisque 107 articles scientifiques ont été publiés dans des revues internationales à comité de lecture, 15 articles l'ont été dans d'autres revues, 40 communications ont été faites et un total de 36 mémoires a été rédigé en vue de diplômes de Master 1 ou 2. Un total de 17 thèses a été soutenu et 8 étudiants se sont inscrits pour leur 1<sup>ère</sup> année de thèse dans les unités porteuses de la SFR, dont trois dans le cadre de contrats CIFRE. Six contrats post-doctoraux ont été engagés et une seule mobilité a pu être réalisée avant le 1<sup>er</sup> confinement. Un total de 87 projets a été déposé en 2020, les réponses sont encore en attente pour 26 d'entre eux et 49 projets ont été acceptés, pour un montant total subventionné pour les unités de la SFR de 5 636 k€. Enfin, 4 brevets ont été déposés.

Ce document des Faits marquants 2020 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

<b>AXES SCIENTIFIQUES FEDERATEURS</b>	<b>4</b>
<b>AXE 1 « Gestion Durable de la Santé des Plantes »</b>	<b>5</b>
Faits marquants	6
Rayonnement scientifique	11
<b>AXE 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences »</b>	<b>12</b>
Faits marquants	13
Rayonnement scientifique	18
<b>AXE 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées »</b>	<b>20</b>
Faits marquants	21
Rayonnement scientifique	24
<b>MOYENS TECHNIQUES MUTUALISÉS</b>	<b>27</b>
IMAC – Microscopie et Imagerie Cellulaire	28
COMIC – Collections de micro-organismes	32
PHYTO – Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires	34
ANAN – ANalyses des Acides Nucléiques	36
PHENOTIC – Phénotypage des Semences et des Plantes	39
SENSOVEG – Analyse Sensorielle	42
<b>RUBRIQUES LIBRES</b>	<b>45</b>
IRHS – Institut de Recherche en Horticulture et Semences	46
EPHOR – Environnement Physique de la plante HORTicole	48
GRAPPE – Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés	49
LEVA – Légumineuses, Écophysiologie Végétale, Agroécologie	51
SIFCIR – Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs	52
LSV-BVO – Bactériologie, Virologie et OGM	53
SONAS – Substances d’Origine Naturelle et Analogues Structuraux	54
GEVES – Groupe d’Étude et de Contrôle de Variétés Et des Semences	55
VEGEPOLYS VALLEY	58
<b>STRUCTURE DE LA SFR QUASAV</b>	<b>60</b>



## 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'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 SEED, 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)



### Focus sur une dynamique de l'axe :

2 projets retenus dans le cadre du Programme Prioritaire de Recherche "Cultiver et Protéger Autrement" du PIA3 :

**CAP ZÉRO PHYTO et SPECIFICS**

sur la thématique de réduction des pesticides

Deux projets dont les thématiques s'inscrivent dans l'axe 1 et auxquels participent des unités de la SFR QuaSaV ont été acceptés en 2020 dans le cadre du Programme Prioritaire de Recherche (PPR) "Cultiver et protéger Autrement" visant à réduire l'usage des pesticides en agriculture (2021-2026).

Le projet **Cap Zero Phyto** porte sur la réduction des pesticides chez le pommier et la tomate. L'objectif est l'analyse de combinaisons de leviers (génétique, biocontrôle, régulation de l'azote, stimulation physique de défenses, plantes de service...) permettant de promouvoir l'immunité agroécologique des systèmes verger et maraîcher.

Ce projet, co-coordonné par M.N. Brisset (IRHS), implique les équipes RESPOM, ECOFUN de l'unité IRHS, l'unité expérimentale Horti et l'équipe EGL de l'unité IGEPP.

Le projet **SPECIFICS** (Sustainable pest control in Fabaceae-rich innovative cropping systems) a pour objectif d'atteindre deux objectifs importants et disruptifs : développer des systèmes de culture zéro pesticide pour réduire l'impact négatif de ces produits chimiques sur la santé publique et sur l'environnement, et augmenter la superficie de légumineuses pour aller vers une plus grande autonomie protéique en France et en Europe. Ce projet implique l'unité LEVA et l'équipe SEEDS de l'unité IRHS.



## Menaces sur l'ancêtre du pommier en Asie : flux de gènes depuis les pommiers domestiqués et invasion de champignons pathogènes "pestifiés"

Les contacts secondaires entre les cultures et leurs apparentés sauvages constituent souvent une menace pour les espèces sauvages. Une deuxième menace moins connue est l'invasion des espèces sauvages par les agents pathogènes des cultures.

Nous avons analysé des paires hôte-pathogène de pommiers sauvages (*Malus sieversii*) ou domestiqués (*Malus domestica*) d'Asie centrale et leur principal champignon pathogène, *Venturia inaequalis* afin d'évaluer les conséquences des contacts secondaires dans leur aire d'origine.

Des données génomiques mettent en évidence l'existence de flux de gènes des pommiers cultivés (*Malus domestica*) vers les pommiers sauvages dans les forêts asiatiques, ce qui pourrait menacer la persistance des pommiers sauvages d'Asie. De même, une modélisation démographique révèle une dispersion récente de la population de *V. inaequalis* de type agricole dans les forêts sauvages et l'existence de flux de gènes entre les populations agricoles et sauvages de champignons. Des tests de pathogénie démontrent que la population de type agricole

est plus virulente à la fois sur les arbres sauvages et domestiqués, traduisant une "pestification" du champignon suite à la domestication de son hôte. Enfin, un gène potentiellement impliqué dans la pestification du champignon a été identifié.

Ces résultats mettent en évidence la menace que représente la culture d'une plante cultivée près de son centre d'origine, en termes d'invasions d'agents pathogènes pestifiés dans les populations de plantes sauvages et d'introgression dans la population d'agents pathogènes de type sauvage.

L'étude de la zone de contact entre les deux populations du champignon pathogène permettra de comprendre la dynamique d'invasion et d'hybridation de la forme agricole avec la population sauvage et de la menace de cette dynamique sur les forêts de pommiers sauvages d'Asie Centrale.

Cette étude est l'une des premières à étudier une zone de contact entre écosystème sauvage et agroécosystème à la fois chez un hôte végétal et son organisme pathogène.



Zone d'échantillonnage des pommiers sauvages dans le Tien Shan (Kazakhstan). En arrière-plan, le mont Talgar

#### Le + SFR :

Les études de pathogénie ont été réalisées sur la plateforme de phénotypage PHENOTIC à Angers.

#### CONTACT :

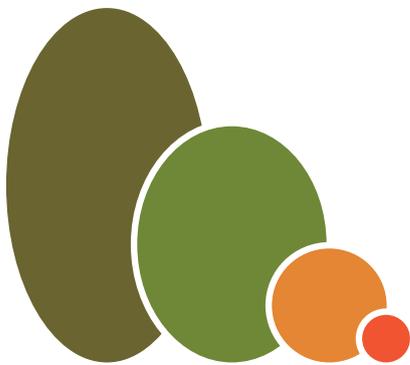
christophe.lemaire@univ-angers.fr  
IRHS-équipe ECOFUN

#### PARTENAIRES & FINANCEMENT

Cette étude, réalisée par l'équipe ECOFUN (IRHS) en partenariat avec l'ESE (CNRS-Université Paris-Saclay), a été principalement financée par le département SPE-INRAE (Projet ESCAPADES) et le RFI Objectif Végétal.

#### PUBLICATION

Furtey, A, Guitton, E, De Gracia Coquerel, M, et al. Threat to Asian wild apple trees posed by gene flow from domesticated apple trees and their "pestified" pathogens. *Mol Ecol.* 2020; 29: 4925– 4941. <https://doi.org/10.1111/mec.15677>



## Élucider les mécanismes de résistance du haricot à la graisse commune

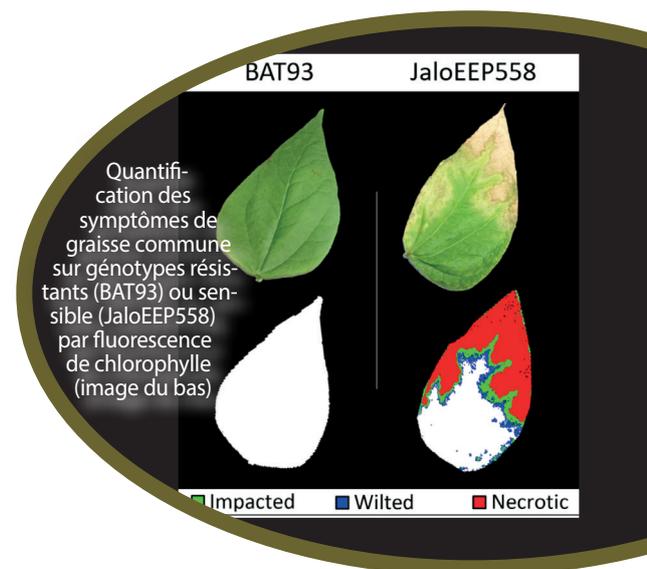
La graisse commune du haricot est une bactériose d'incidence mondiale causée par des bactéries du genre *Xanthomonas*. La résistance du haricot à cette maladie est quantitative et les gènes impliqués dans cette résistance ne sont pas connus à ce jour.

Afin de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans l'interaction haricot-*Xanthomonas*, nous avons étudié par RNA-seq le transcriptome de haricots résistant ou sensible à la graisse commune lors de l'infection (voir figure).

Les résultats de cette étude montrent que le génotype sensible initie une réponse plus intense et plus diversifiée que le génotype résistant. La sensibilité est liée à la répression de gènes de résistance et à l'induction de la voie de l'éthylène et de gènes impliqués dans la modification de la paroi végétale, tandis que la résistance est liée à une induction de la voie de l'acide salicylique et une répression de gènes de la photosynthèse et du métabolisme des sucres.

#### Le + SFR :

La quantification des symptômes a été réalisée sur la plateforme PHENOTIC de la SFR. La vérification de la qualité des ARNs et les RT-qPCR ont été réalisées sur le plateau ANAN. Les souches bactériennes sont préservées et mises à disposition par le CIRM-CFBP.



Cette étude a permis de mettre en évidence des gènes induits chez le résistant et réprimés chez le sensible, qui seraient donc potentiellement impliqués dans la résistance du haricot à *Xanthomonas*.

Ces gènes candidats pour la résistance à la graisse commune sont en cours de validation fonctionnelle au sein de l'équipe Emersys. A ce jour, il s'agit de la première étude transcriptomique globale du haricot en interaction avec *Xanthomonas*.

Ces travaux constituent donc une avancée majeure pour l'amélioration de la résistance à la graisse commune, qui est un enjeu important pour la filière semencière puisque cette bactérie est transmise par les semences.

#### CONTACT

[nicolas.chen@agrocampus-ouest.fr](mailto:nicolas.chen@agrocampus-ouest.fr)

IRHS-équipe EMERSYS

#### PARTENAIRES & FINANCEMENT

Cette étude a été réalisée au sein de l'équipe EmerSys (IRHS), en partenariat avec l'équipe BIDEFI (IRHS) et la plateforme GeT (INRAE-Toulouse). Elle a bénéficié de financements de l'ANR, INRAE, la région Pays de la Loire et Angers-Loire Métropole

#### PUBLICATION

Foucher, J., Ruh, M., Prèveaux, A. et al. Common bean resistance to *Xanthomonas* is associated with upregulation of the salicylic acid pathway and downregulation of photosynthesis. *BMC Genomics* 21, 566 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12864-020-06972-6>



## Quand l'analyse des "vieilles collections" change notre regard sur les épidémies

Les bactéries du genre *Pectobacterium* sont connues pour provoquer des pourritures sur diverses plantes, notamment les carottes, endives et pommes de terre, provoquant d'importantes pertes agronomiques.

Ce travail a permis de décrire deux nouvelles espèces et de proposer une révision de la taxonomie du genre *Pectobacterium* (Pédrón et al., 2019 ; Portier et al., 2019). Au-delà de ce travail de taxonomie, ces résultats apportent un nouvel éclairage sur l'épidémiologie de ce genre. En effet la majeure partie des souches du CIRM-CFBP appartient à une espèce décrite seulement en 2019 ! Ces résultats ont aussi permis de préciser la gamme d'hôte de chaque espèce (par exemple *P. betavoscolorum* est présent sur tournesol, cactus et pomme de terre en plus de la betterave), de revoir leur répartition géographique (par exemple *P. peruvienne* décrite à partir d'une souche isolée au Pérou avait été isolée en France précédemment).



Souche de *Pectobacterium atrosepticum* en culture sur boîte de Pétri.  
Photo C. Dutrieux et A. Lathus INRAE

Ces résultats montrent aussi que certaines espèces n'ont été isolées que sur plantes (*P. carotovorum*), certaines sur plantes et dans l'environnement (*P. versatile*) et d'autres uniquement dans l'environnement (*P. aquaticum*). Ces travaux montrent l'intérêt patrimonial des collections, l'intérêt de déposer régulièrement des ressources dans les Centres de Ressources Biologiques (CRB) et l'intérêt de ré-analyser les anciennes collections.

De nouvelles espèces découvertes lors de cette étude restent à décrire. L'exploration des différences de niches écologiques entre les différentes espèces pourrait apporter des éléments intéressants en termes d'épidémiologie.

### CONTACT

Perrine.Portier@inrae.fr  
IRHS-équipe EMERSYS

### PARTENAIRES

Ce travail a été réalisé en collaboration entre l'équipe EmerSys de l'IRHS et M-A Barny et J. Pédrón de l'Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris (IEES).

### PUBLICATION

Portier P., Pédrón J., Taghouti G., Dutrieux C., Barny M-A. 2020. Updated Taxonomy of *Pectobacterium* Genus in the CIRM-CFBP Bacterial Collection: When Newly Described Species Reveal "Old" Endemic Population. *Microorganisms*, 8, 1441; doi:10.3390/microorganisms8091441



#### **Rosa wichurana contre *Diplocarpon rosae* : Rosier : 2 (QTL) Maladie des taches noires : 0 (symptômes)**



La maladie des taches noires, due au champignon *Diplocarpon rosae*, est la maladie principale des rosiers de jardin. La réduction voire l'interdiction des traitements chimiques nécessite le développement de variétés résistantes.

L'objectif de cette étude était d'étudier le déterminisme génétique de la résistance à la maladie des taches noires à partir de trois populations interconnectées.

Sur la base de notations de maladie au champ, deux QTL, stables dans le temps et l'espace, liés à la résistance à la maladie des taches noires ont été détectés dans le fond génétique de *Rosa wichurana*, sur les groupes de liaison 3 et 5. La co-localisation entre des gènes de résistance (annotation

experte des gènes NBS-LRR sur le génome) et des gènes de réponse de défense a été révélée par une méta-analyse qui a permis de mieux délimiter les intervalles de confiance de ces QTL.

Cette étude sera complétée par une description précise du cycle infectieux du champignon (approche histologique) lors d'interactions compatible et incompatible et par une étude des gènes régulés (approche transcriptomique).

Cette étude a permis de mettre en évidence de nouvelles sources de résistance quantitative à exploiter pour la sélection et la compréhension des mécanismes de résistance chez le rosier.

#### **Le + SFR :**

Ce travail a été réalisé avec l'appui de l'unité expérimentale Horti (une partie des rosiers sont entretenus par l'UE). L'analyse des microsatellites (SSR) pour la construction des cartes génétiques a été réalisée sur le plateau ANAN de la SFR.

#### **CONTACT**

vanessa.soufflet-freslon@agrocampus-ouest.fr  
IRHS-équipe GDO

#### **PARTENAIRES & FINANCEMENT**

Ce projet implique l'équipe GDO de l'IRHS en collaboration avec une équipe de l'UMR GQE (Le Moulon, Orsay) et l'équipe de J. Bradeen (University of Minnesota, USA). Ce projet a été financé par le RFI 'Objectif Végétal' (Projet RoGeR). La thèse de Diana Lopez-Arias a été financée par le département BAP (INRAE) et la région Pays-de-la-Loire.

#### **PUBLICATION**

D. Lopez Arias, A. Chastellier, T. Thouroude, J. Bradeen, L. van Eck, et al. Characterization of black spot resistance in diploid roses with QTL detection, meta-analysis and candidate-gene identification. Theoretical and Applied Genetics, Springer Verlag, 2020, 23 p. Doi:10.1007/s00122-020-03670-5. (hal-02933267)



## Première exploration de l'interaction entre résistance génétique et résistance induite par un SDP chez le pommier vis-à-vis de la tavelure et du feu bactérien

Combiner la résistance génétique (intrinsèque) et la résistance induite par un stimulateur de défense des plantes (SDP) pourrait permettre une protection plus durable du pommier aux bioagresseurs.

La cartographie génétique de loci de résistance quantitative (QTLs) a été engagée dans une descendance pré-traitée ou non par l'acibenzolar-S-methyl (ASM, un SDP efficace et en cours d'homologation sur pommier) puis inoculée à la tavelure ou au feu bactérien.

Des QTLs de résistance aux deux maladies ont été détectés et comparés dans les deux situations (ASM vs témoin 'eau'). L'ASM confirme sa bonne efficacité dans les conditions de serre utilisées. Les QTLs détectés dans la condition témoin 'Eau' sont majoritairement retrouvés dans la condition 'ASM' bien qu'avec des niveaux d'intensité variable selon les QTLs. La combinaison des QTLs de résistance et de l'induction de défenses par l'ASM montre une forte complémentarité globale pour réduire drastiquement les deux maladies.

Les mécanismes de défense sous-jacents aux deux types de résistance vont être analysés par approche métabolomique pour mieux comprendre leur complémentarité.

Les pressions différentielles exercées par ces deux types de résistance sur les populations pathogènes pourraient limiter leur adaptation et rendre cette combinaison plus durable au verger dans le contexte de réduction des pesticides.



### CONTACTS

Laure Perchepied [laure.perchepied@inrae.fr](mailto:laure.perchepied@inrae.fr)  
charles-eric.durel@inrae.fr  
IRHS-équipe RESPOM

### PARTENAIRES

Travaux menés dans l'équipe ResPom de l'IRHS avec l'appui de la plateforme de phénotypage PHENOTIC et le soutien financier des projets 'QTL-stim' et 'TavInnov' (département BAP et métaprogramme SMaCH-INRAE) et une bourse de thèse INRAE-Région Pays de la Loire (J. Bénéjam).

### PUBLICATION

Bénéjam J., Ravon E., Gaucher M., Brisset M.N., Durel C.E., Perchepied L. (2020) Acibenzolar-S-methyl and resistance quantitative trait loci complement each other to control apple scab and fire blight. *Plant Disease* (on line) <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-20-1439-RE>



## Rayonnement scientifique

### Axe 1 - Gestion durable de la santé des plantes

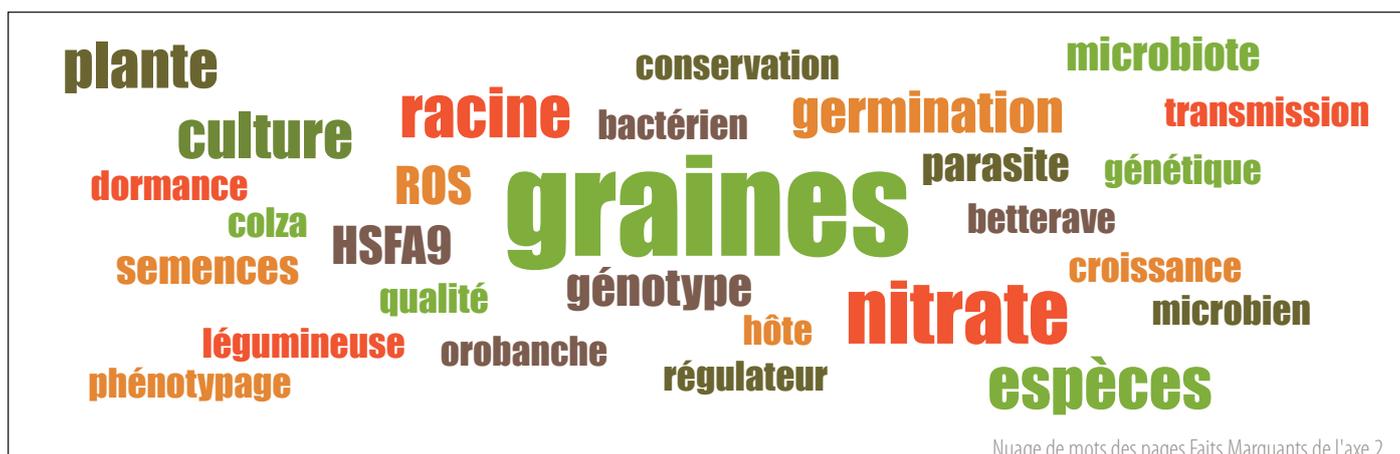
#### Accueil & Mobilités internationales

- Dans le cadre de sa thèse, **Diana Lopez Arias** est allée 8 semaines (du 02/03/2020 au 16/03/2020 et du 14/09/2020 au 30/10/2020) dans l'équipe du Pr T. Debener (Université d'Hanovre, Allemagne). (financée par le RFI). L'objectif de ce séjour était d'acquérir une nouvelle technique (test pathologique sur feuilles détachées) et d'étudier l'expression de gènes dans le cadre de différentes interactions (combinaison de génotypes de rosier et de souches pathogènes). Cette mobilité a permis de renforcer les relations entre les deux équipes et de valider le parcours doctoral de l'Ecole Internationale de Recherche d'Agreenium (EIR-A) de Diana.
- Mobilité de **Timothée Cherièr** (doctorant LEVA ayant soutenu sa thèse le 18 décembre 2020) du 27 janvier au 20 mars 2020, au "Cropping systems Ecology group" du département "Biosystems and Technology" de SLU (Suède).



## Axe 2 - Qualité physiologique et sanitaire des semences

Animateurs:  
Matthieu Barret (IRHS-équipe EMERSYS)  
et Olivier Leprince (IRHS-équipe SEED)

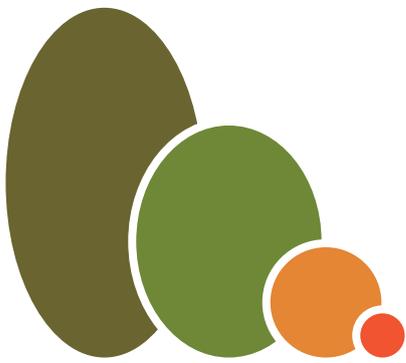


### Focus sur une dynamique de l'axe :

Le projet SucSEED, coordonné par l'IRHS, accepté par le Programme Prioritaire de Recherche "Cultiver et Protéger Autrement"

Malgré la COVID-19, l'année 2020 est riche en découvertes et projets pour les équipes de l'axe 2. **Cinq faits marquants** proposés illustrent comment une meilleure connaissance de la semence et de son microbiote répond aux enjeux de l'agriculture durable. Les collègues de l'axe ont également été moteur dans la parution d'un **Opinion Paper** sur les semences et le biocontrôle. Les conditions sanitaires ont toutefois freiné les mobilités internationales et empêché les animations scientifiques et organisations de colloque.

Outre les avancées scientifiques, l'année 2020 a vu également l'acceptation du **projet SUCSEED**, coordonné par M. Barret (IRHS) à l'Appel à Projet du Programme Prioritaire de Recherche "Cultiver et Protéger Autrement" du PIA3. Pour les 6 années à venir, ce projet de recherche ambitieux va contribuer à structurer et fédérer les forces scientifiques de l'axe autour d'un enjeu majeur : les semences sans pesticides.



## Dormance et conservation des graines : un rôle régulateur inattendu pour le gène *HSFA9*

La longévité et dormance des graines sont deux traits adaptatifs qui contribuent à la dissémination des espèces et au rendement agricole. Ils sont acquis pendant la maturation des graines selon des programmes génétiques mal compris. Le facteur de transcription HEAT SHOCK FACTOR A9 (*HSFA9*) est un facteur de transcription atypique parmi la famille des HSF qui est connue pour réguler la réponse aux chocs thermique. *HSFA9* est spécifiquement exprimé dans les graines en absence de stress chaleur et représente un nœud du réseau de régulation génique corrélé à l'acquisition de la longévité.

L'objectif de cette étude est de comprendre le rôle de *HSFA9* pendant la maturation des graines.

En caractérisant des mutants déficients, l'équipe a découvert que *HSFA9* n'a pas un rôle majeur dans la conservation *ex situ* des graines sèches d'*Arabidopsis* et *M. truncatula*. En revanche, les graines *Mthsfa9* stockées à des teneurs en eau élevées se détériorent plus rapidement que les graines sau-

#### Le + SFR :

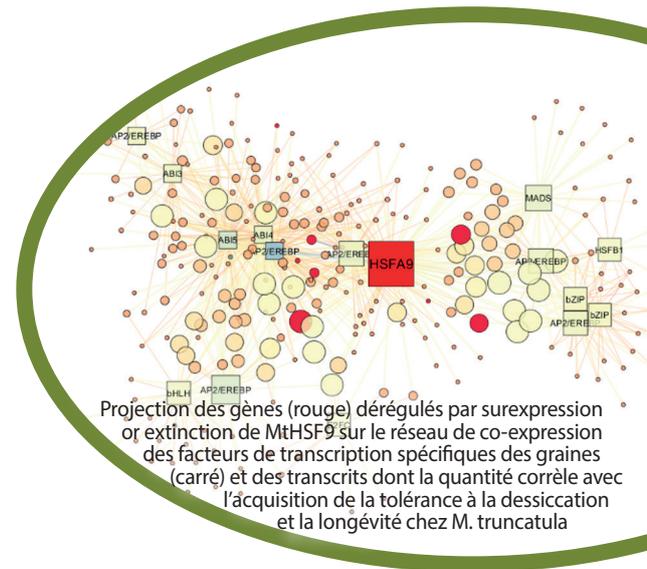
Le plateau ANAN a fourni les équipements pour les analyses RT-QPCR et transcriptomiques sur microarray NIMBLEGENE.

#### PARTENAIRES & FINANCEMENT

Ce travail a été réalisé à l'IRHS, en partie dans le cadre de la thèse de Denise Basso, en co-tutelle avec la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de l'Etat de Sao Paulo (UNESP) au Brésil. Il a été financé par le RFI "Objectif Végétal", la FAPESP et la CAPES

#### PUBLICATION

Zinsmeister, J, Berriri, S, Basso, DP, et al. The seed-specific heat shock factor A9 regulates the depth of dormancy in *Medicago truncatula* seeds via ABA signalling. *Plant Cell Environ.* 2020; 43: 2508– 2522. <https://doi.org/10.1111/pce.13853>



vages, suggérant un rôle dans la vigueur germinative lorsque le métabolisme est actif. De manière surprenante, les graines mutantes sont également plus dormantes. L'analyse du transcriptome de ces mutants ainsi que des racines surexprimant *MtHSFA9* a montré que les gènes impliqués dans le métabolisme et la signalisation de l'ABA étaient dérégulés. Ainsi les graines *Mthsfa9* contiennent plus d'ABA et montrent une sensibilité plus élevée à cette phytohormone. *HSFA9* agirait comme un régulateur négatif de la profondeur de dormance des graines pendant leur développement.

Ce travail révèle un rôle inattendu d'un facteur de transcription de type HSF dans la régulation de la dormance des graines. Il démontre que les conclusions des travaux de la littérature dans lesquels le stockage à fortes chaleurs et humidité élevées sont utilisés pour accélérer la détérioration des graines ne peuvent pas être extrapolées aux conditions de conservation *ex situ*.

#### CONTACT

julia.buitink@inrae.fr  
IRHS-équipe SEED



## Faits marquants

### Axe 2 - Qualité physiologique et sanitaire des semences

## Les espèces réactives de l'oxygène, médiateurs clés de la sensibilité de *Medicago truncatula* au nitrate

En fixant l'azote atmosphérique, les légumineuses contribuent à un enrichissement des sols et à une agriculture durable. Le succès de leur installation dépend toutefois de la concentration en nitrate des sols, un nutriment qui favorise l'ancrage racinaire des plantes mais inhibe la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. La grande variation de la concentration en nitrate des sols a donc pour conséquence une installation hétérogène des légumineuses cultivées. Contrôler la sensibilité des racines des légumineuses cultivées vis-à-vis du nitrate pourrait permettre de garantir le succès de leur implantation.

L'objectif de cette étude est de décrypter la voie de signalisation du nitrate au niveau des racines est nécessaire pour trouver un moyen de contrôler cette sensibilité. L'impact du nitrate sur l'accumulation des espèces réactives de l'oxygène (ROS) - produites et converties ( $O_2^{\cdot-}$ ,  $H_2O_2$ ,  $\cdot OH$ ) dans l'apex des racines - a été analysé chez l'espèce modèle *Medicago truncatula* car les ROS sont connues pour contrôler l'allongement des racines. Nous avons montré que le nitrate inhibe l'accumulation des ROS dans l'apex de la racine primaire et l'allongement de cette racine chez R108, un génotype sauvage sensible au nitrate. Cette inhibition est due à

#### Le + SFR :

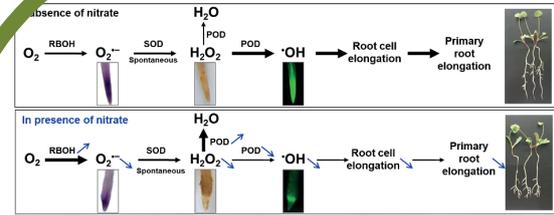
Ce travail a bénéficié de l'infrastructure du plateau d'imagerie IMAC. Il a permis de mettre au point des techniques de détection des ROS utiles à d'autres projets de la SFR et d'initier des collaborations au sein de l'IRHS et à l'international.

#### PARTENAIRES

Ce travail a été réalisé au sein de l'IRHS (équipes SMS - STREHMO) en collaboration avec M Mojovic et M Vidovic de l'Université de Belgrade (Serbie).

#### PUBLICATION

Zang L, Morère-Le Paven MC, Clochard T, Porcher A, Satour P, Mojović M, Vidović M, Limami AM and Montrichard F (2020). Nitrate inhibits primary root growth by reducing accumulation of reactive oxygen species in the root tip in *Medicago truncatula*. *Plant Physiology and Biochemistry* 146, 363-373.



En absence de nitrate,  $O_2^{\cdot-}$  produit par la NADPH oxydase (RBOH) est converti en  $H_2O_2$  spontanément ou sous l'action de la superoxyde dismutase (SOD), puis en  $\cdot OH$  par l'activité hydroxylique de la peroxidase (POD), ce qui permet un relâchement des parois cellulaires, un allongement des cellules et la croissance de la racine primaire. En présence de nitrate,  $\cdot OH$  s'accumule moins suite à une activation de l'activité peroxidative de la POD qui élimine efficacement  $H_2O_2$  et une inhibition de l'activité hydroxylique de la POD qui produit moins de  $\cdot OH$ .

un changement d'activité peroxydase qui empêche la formation de  $\cdot OH$ , agent responsable du relâchement des parois et de l'élongation des cellules. Par contre, le nitrate n'a pas d'effet sur l'accumulation des ROS ni sur la croissance de la racine primaire chez un génotype insensible au nitrate, muté pour le transporteur de nitrate NPF6.8. Ces résultats démontrent que les ROS sont des médiateurs clés du signal nitrate perçu par ce transporteur dans la voie de signalisation. En absence de nitrate,  $O_2^{\cdot-}$  produit par la NADPH oxydase (RBOH) est converti en  $H_2O_2$  spontanément ou sous l'action de la superoxyde dismutase (SOD), puis en  $\cdot OH$  par l'activité hydroxylique de la peroxidase (POD), ce qui permet un relâchement des parois cellulaires, un allongement des cellules et la croissance de la racine primaire. En présence de nitrate,  $\cdot OH$  s'accumule moins suite à une activation de l'activité peroxidative de la POD qui élimine efficacement  $H_2O_2$  et une inhibition de l'activité hydroxylique de la POD qui produit moins de  $\cdot OH$ .

Les perspectives à ce travail sont de diminuer la sensibilité des racines de légumineuses cultivées vis-à-vis du nitrate en manipulant la concentration des ROS (Projet ECLINUS, RFI Objectif Végétal de la Région des Pays de la Loire).

#### CONTACT

Francoise.montrichard@univ-angers.fr

IRHS-équipe SMS

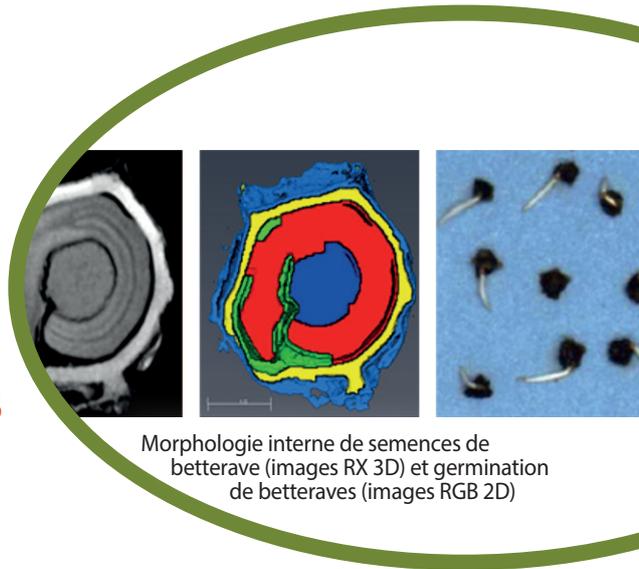


## Des avancées majeures pour phénotyper par imagerie la qualité physique et germinative des semences

La qualité des semences est un aspect majeur de la production de la betterave sucrière. Leur potentiel de germination et de croissance dans des conditions froides doit permettre aux génotypes sélectionnés de s'implanter au champ de façon optimale.

Dans le cadre du projet PIA AKER, un des objectifs du projet mené sur 8 ans était de mettre au point des méthodes de phénotypage automatisées et à haut débit pour caractériser la morphologie interne et la qualité germinative des semences de betterave issues d'un grand nombre de génotypes variés.

Ce projet a permis de mettre au point des méthodes innovantes de phénotypage de la morphologie interne des semences par tomographie, de leur germination et leur croissance précoce par analyse d'images dans des conditions de température froide, et d'appliquer ces méthodes à haut débit sur près de 3000 génotypes de betterave sé-



Morphologie interne de semences de betterave (images RX 3D) et germination de betteraves (images RGB 2D)

lectionnés au cours du projet AKER. Ces méthodes ont permis de montrer la très grande variabilité de caractéristiques physiques et physiologique des semences et d'identifier à partir de ces critères les génotypes avec le meilleur potentiel en vue d'un semis au champ. Deux importants jeux de données de phénotypage ont été intégrés dans l'URGI Plant and Fungi Dataverse et l'ontologie de la betterave publiée puis mise à jour sur la base GnpIS au cours du projet AKER.

L'analyse de la somme énorme de données récoltées (plus de 5600 variables mesurées) doit être poursuivie pour identifier d'éventuelles relations entre qualité physique et germinative des semences. Les méthodes mises au point pourront être transférées après mise au point sur d'autres espèces végétales d'intérêt. Ces résultats sont importants pour la filière betterave car la semence a un rôle majeur dans la production de sucre ; ils sont aussi innovants sur le plan des équipements et méthodes d'imagerie.

#### Le + SFR :

Les développements réalisés pour le phénotypage des semences ont été conduits grâce aux équipements de la plateforme PHENOTIC et en interaction étroite avec les équipes du LARIS (François Chapeau Blondeau et Etienne Belin) et de l'IRHS (David Rousseau et Carolyne Dürr).

#### CONTACT

[sylvie.ducournau@geves.fr](mailto:sylvie.ducournau@geves.fr)

GEVES

#### PARTENAIRES

GEVES, IRHS, LARIS (Université d'Angers), Partenaires industriels : ITB, Florimond Desprez.

#### PUBLICATION

Ducournau S., Charrier A., Demilly D., Wagner M.H., Trigui G., Dupont A., Hamdy S., Boudheri-Gresse K., Le Corre L., Landais L., Delanoue A., Charruaud D., Henry K., Henry N., Ledroit L., Dürr C. (2020) High throughput phenotyping dataset related to seed and seedling traits of sugar beet genotypes. Data in brief. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105201

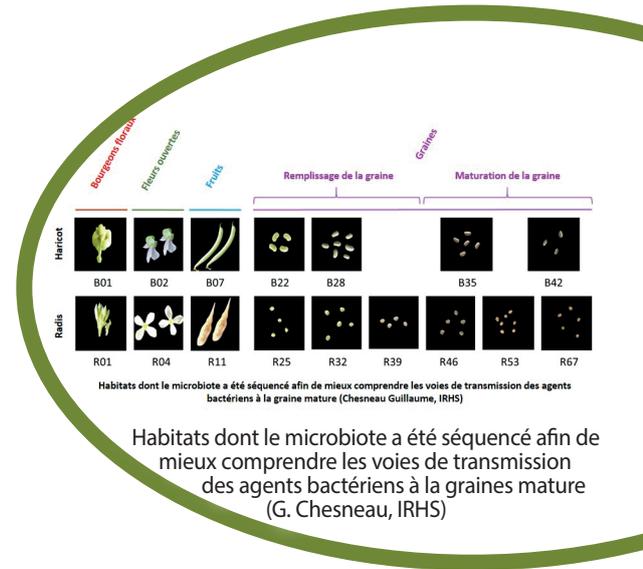


### Assemblage du microbiote des graines : des voies de transmission contrastées en fonction de l'espèce végétale

Les graines, à l'instar d'autres organes de la plante, sont colonisées par une grande diversité de micro-organismes. Ces communautés de micro-organismes associées aux graines, ou microbiote, peuvent moduler les phases précoces de développement de la plante, à savoir la germination et l'émergence des plantules et jouent donc un rôle clé dans l'installation des cultures.

L'objectif de l'étude était de mieux comprendre les processus impliqués dans l'assemblage de ce microbiote lors du développement de la graine est une étape essentielle afin de pouvoir à terme moduler sa composition.

Au cours de ses travaux, l'assemblage du microbiote des graines de deux espèces végétales, le haricot et le radis a été estimé en estimant la diversité des communautés bactériennes à plusieurs stades



clés du développement des graines. Le mode principal de transmission des bactéries aux graines diffère en fonction de l'espèce végétale. En effet la majorité des taxons bactériens se transmet par les fleurs chez le radis alors qu'une transmission par la sève semble être privilégiée chez le haricot. Au cours de la maturation de la graine, d'autres taxons bactériens sont incorporés au microbiote de la graine de façon graduelle.

La dynamique d'assemblage du microbiote de la graine est différente en fonction de l'espèce végétale et dépend en partie des voies de transmissions empruntées par les micro-organismes. Il reste désormais à déterminer les déterminants moléculaires impliqués dans cette transmission.

#### Le + SFR :

Le plateau ANAN a contribué à la préparation des banques de séquençage d'amplicon et au séquençage de ces banques en MiSeq.

#### CONTACT

Matthieu.barret@inrae.fr

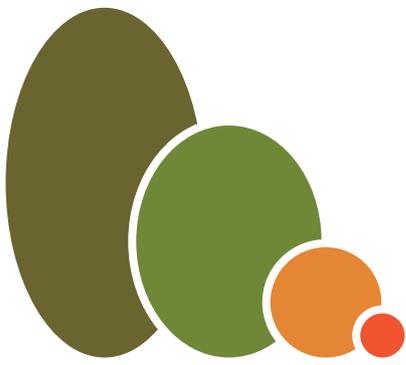
IRHS-équipe EMERSYS

#### PARTENAIRES & FINANCEMENT

Ces travaux sont issus d'une collaboration entre l'IRHS et Michigan State University et ont été financés par l'ANR (Projet SEEDS – 17-CE20-0009-01).

#### PUBLICATION

Chesneau G., G. Torres-Cortes, M. Briand, A. Darrasse, A. Preveaux, C. Marais, M.-A. Jacques, A. Shade, M. Barret. 2020. Temporal dynamics of bacterial communities during seed development and maturation. FEMS Microbiol Ecol. 96. DOI: 10.1093/femsec/fiaa190.



## Les assemblages microbiens de graines de plantes parasites sont influencés par leurs hôtes de provenance et potentiellement impliqués dans l'interaction parasitaire

*Phelipanche ramosa* L. Pomel (Orobanche rameuse) est une plante parasite à large spectre d'hôtes, essentiellement des plantes de grandes cultures. Son pouvoir de dissémination repose sur une production graminée conséquente (plusieurs dizaines de milliers de graines par pied), sur une taille minuscule (200 µm en moyenne) et une longévité importante de ces graines dans les sols (15-20 ans).

Les objectifs de ce travail étaient d'évaluer l'influence de différents paramètres (génétique de la graine, culture hôte, terroir) sur la structuration du microbiote des graines d'orobanche et d'identifier des candidats microbiens potentiellement impliqués dans l'interaction parasitaire.

Pour cette étude, les assemblages microbiens de 27 lots de graines de *P. ramosa* échantillonnés sur 7 parcelles cultivées de colza, de tabac ou de chanvre dans l'ouest de la France ont été caractérisés. Trois groupes génétiques de *P. ramosa* ont été caractérisés en concordance avec les groupes décrits



Rangée de plants de tabac parasités par *Phelipanche ramosa*

dans le bassin Méditerranéen : groupe 1 - colza, 2a - chanvre et 2b - tabac. Les assemblages bactériens et fongiques des graines indiquent une structuration principalement selon les hôtes de provenance (équivalent aux groupes génétiques). Les microorganismes "core" des graines d'orobanche sont peu nombreux et potentiellement impliqués dans les interactions plante parasite - plante hôte. Notamment, les variants "core" des graines d'orobanche sur parcelles de colza pourraient promouvoir la production, dans la rhizosphère du colza, de stimulants de germination des graines d'orobanche (isothiocyanates), et ainsi contribuer au pouvoir pathogène de l'orobanche vis-à-vis de cette culture (adaptation, spécificité d'hôte).

Ce travail offre des perspectives de travail intéressantes sur l'identification précise et le rôle de ces microorganismes core sélectionnés dans l'interaction parasitaire.

#### Le + SFR :

Ce travail s'inscrit dans l'essor d'une nouvelle thématique de recherche sur l'implication du microbiote rhizosphérique dans les interactions plantes - plantes parasites dans un laboratoire de la SFR, et a permis l'établissement d'une collaboration fructueuse entre le LBPV et le plateau technique ANAN sur des travaux de métabarcoding.

#### CONTACT

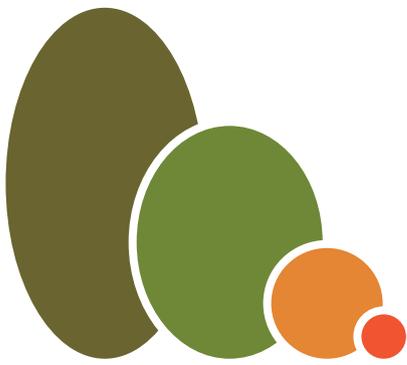
lucie.poulin@univ-nantes.fr  
LBPV

#### PARTENAIRES

Ce travail a été réalisé par le LBPV (Laboratoire de Biologie et Pathologie Végétales, EA 1157, Université de Nantes), avec la collaboration du plateau ANAN qui a généré le séquençage MiSeq Illumina des amplicons 16S et ITS pour le métabarcoding.

#### PUBLICATION

Huet S., Pouvreau J-B., Delage E., Delgrange S., Marais C., Bahut M., Delavault P., Simier P., Poulin L. (2020) Populations of the Parasitic Plant *Phelipanche ramosa* Influence Their Seed Microbiota. *Frontiers in Plant Science* 11:1075. DOI: 10.3389/fpls.2020.01075



### Revue et articles d'opinion

- Bailly C., Bousquet A., Braun V., Buitink J., Desbois-Vimont C., Durand-Tardif M., Fougereux J.-A., Gaillard A., Gouleau A., Grappin P., Hily Y., Lejard F., Malausa T., Marchi M., Multeau C., Orgeur G., Piovan R., Poisson A.-S., Profizi C., Rajjou L., Reboud X., Szambian M. 2020. Towards seed protection using biocontrol strategies. Position paper GIS-BV, Atelier Semences and Biocontrôle, France.
- Kang Y, Li M, Sinharoy S, Verdier J (2020) A snapshot of functional genetic studies in *Medicago truncatula*. In: The Model Legume *Medicago truncatula*, F de Bruijn (ed), John Wiley & Sons.

### Articles de vulgarisation

- Morel E., Poupard P. 2020. Fusariose de la carotte. Une nouvelle maladie qui passe parfois inaperçue. Bulletin Semences 272 : 32-33.

### Accueil & mobilités internationales

#### Accueil de doctorants étrangers

- **Colombie** : Mailen Ortega, CIB Medellin, programme Ecos-Nord : criblage de la sensibilité d'écotypes d'*Arabidopsis thaliana* à *Alternaria brassicicola*.
- **Algérie** : Massinissa Hammad, ENSA Alger, Algérie : caractérisation d'agents de biocontrôle.

### Perspectives : initiation de nouveaux projets

Un projet intégratif du PPR CPA, coordonné par l'IRHS, a été accepté en 2020 et démarrera en 2021

- **SUCSEED** "Stop the Use of pestiCides on Seeds by proposing alternatives". Projet coordonné par M. Barret, équipe EMERSYS de l'IRHS.

Le projet SUCSEED 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 pathogènes transmis à et par les semences et (ii) les fontes de semis. Pour identifier des solutions alternatives aux pesticides, SUCSEED propose trois leviers d'action : (i) l'amélioration des défenses des semences, (ii) le pilotage du microbiote des semences et (iii) la modification du microenvironnement des graines en germination. Les solutions novatrices obtenues via ces trois leviers seront formulées à l'aide d'approches technologiques adaptées aux semences et déployées sur un large éventail de génotypes et de conditions environnementales afin de valider leur efficacité potentielle et leur commercialisation.

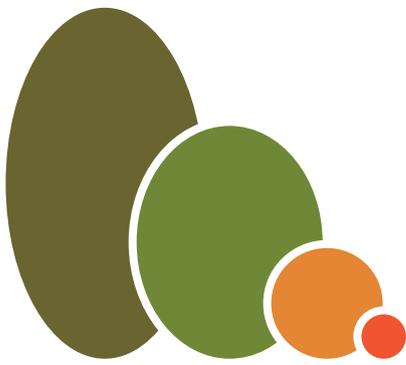
- Windels D, Dang Thu Thi, Chen Zhijuan, Verdier J (2020) Snapshot of epigenetic regulation in legumes. Legume Science 2: 1-11 DOI: 10.1002/leg3.60.
- Zinsmeister J, Leprince O, Buitink J. (2020) Molecular and environmental factors regulating seed longevity. Biochemical Journal 477: 305-323. Doi. org/10.1042/BCJ20190165).
- Buitink J., Douzals J.P., Duliège, E., Lebeau F. et Marchi M. 2020. Chapitre 21 - Quelles technologies pour le déploiement du biocontrôle ? Biocontrôle : Éléments pour une protection agroécologique des cultures, éditions Quae, INRAE.

#### Accueil de chercheur étrangers

- Shinohara Takashi : ingénieur accueilli au GEVES du 01/09/2019 au 01/03/2020 dans le cadre du projet ISTA Vigerm - Development of rapid tests to predict germination and vigour and their potential for automation using image analysis.

Ces développements scientifiques et techniques seront accompagnés de recherches en sciences humaines et sociales, y compris en recherche réglementaire et économique, afin d'anticiper les besoins ou les obstacles au développement de ces produits, leur appropriation par les acteurs de l'industrie semencière et l'acceptabilité de la société et des politiques à ces nouvelles innovations. Ces recherches seront conduites sur quatre espèces végétales d'intérêt agronomique : blé, tomate, haricot commun et colza, et leurs agents pathogènes majeurs respectifs.

**Partenaires académiques** : pour la SFR: les équipes EMERSYS, FUNGISEM et SEED de l'IRHS et le GEVES. En France : IJPB, IPS2, SAD-APT, GDEC, GAFL, IGEPP, IBENS, IRPI, UCA-ClerMa, MiNT. Partenaires industriels : UFS, AFAÏA, IBMA, Frayssinet, FNAMS, Kapsera, iMean, MilliDrop, Immunrise Biocontrol.



# Rayonnement scientifique

## Axe 2 - Qualité physiologique et sanitaire des semences

### Autres projets

- **BACFUNGIMIX** : L'arrivée de Natalia Guschinskaya (MCF Microbiologie, Université d'Angers) dans l'équipe FUNGISEM à l'IRHS va permettre de consolider la collaboration avec l'équipe EMERSYS de l'IRHS (M. Simonin, M. Barret et coll.) par le biais du démarrage d'un projet de construction de microbiotes synthétiques mixtes "bactéries-champignons" pour la protection des semences contre le champignon pathogène *Alternaria brassicicola* soumis pour financement au RFI/Commission Recherche de l'Université d'Angers.
- **BIOFUN** : Biolog applied to Fungi . Un projet financé par l'AAP interne SFR QuaSaV en 2020 (PT COMIC : P. Portier, G. Taghouti - IRHS-éq FUNGISEM : M. Marchi, T. Guillemette) va démarrer et participera à la formation par la recherche (stage Master 1 Biologie Végétale Université d'Angers, Eva Tanneau).
- **ELPHY** : Étude des effets de la Leafamine® sur la physiologie de la plante en condition de stress hydrique. Thèse CIFRE, (2020-2023, doctorante Marthe Malécange). L'objectif est d'élucider le mode d'action de la Leafamine® sur les plantes en condition de stress hydrique, lors de trois stades de développement. La germination, le stade plantule et la plante adulte. Ce travail de recherche permettra d'acquérir des connaissances fondamentales sur les mécanismes physiologiques impliqués dans l'action de la Leafamine® dans un contexte environnemental contraignant. Partenaire académique : équipes SMS et STRAGENE de l'IRHS. Partenaire industriel : BCF Life Sciences.
- **HOUSE** : l'HOlobionte plante-microbiote rhizosphérique : une Unité de SElection ? Ce projet vise à analyser la pertinence du concept d'holobionte par une approche de sélection artificielle de la plante et de son microbiote Les microbiotes de la rhizosphère et de la graine seront suivis sur huit générations chez l'espèce végétale à cycle court *Brassica rapa*. Les résultats permettront de déterminer si (i) les interactions plante-microbiote rhizosphérique peuvent être sélectionnées et donc si l'holobionte est une unité de sélection, (ii) les microbiotes rhizosphériques et des semences sont stables au fil des générations, (iii) la transmission de microorganismes via les semences influence le microbiote rhizosphérique. Partenaires académiques : l'équipe EMERSYS de l'IRHS et l'UMR Agroécologie. Financement : Métaprogramme HoloFlux.
- **OSMOSE** : Impact du microbiote des semences sur la levée. Ce projet s'inscrit dans une dynamique de recherche sur le microbiote de la plante qui vise à dépasser les approches corrélatives et commence à établir une causalité entre la plante et son microbiote. Dans ce contexte, les objectifs de ce projet sont triples : (i) Déterminer si les modifications de la composition du microbiote des semences peuvent avoir un impact sur la levée du haricot (ii) Identifier les consortiums bactériens qui ont un impact sur cette levée (iii) Valider les consortiums bénéfiques sur de multiples génotypes de plantes et identifier les principaux taxons bactériens à l'origine des effets. Partenaires académiques : les équipes EMERSYS et SMS de l'IRHS.
- **SEED-ORG** : Impact du compost sur les défauts d'émergence de la laitue pour la production de plants en agriculture biologique. L'objectif est de préciser l'étape de germination/levée qui est impactée par la présence de compost et de tester l'hypothèse que des communautés microbiennes en serait responsable. Partenaires académique : l'équipe SEED de l'IRHS, Partenaire industriel : Klasmann-Deilmann.
- **SPECIFICS** : Voir l'axe 1 (page 5).



## Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

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



contrôle gène eau aiguillons  
inflammatoire sélection QTL enzyme  
oxygéné rosier  
développement bourgeon débourrement  
mécanismes moléculaires génétique

Nuage de mots des pages Faits Marquants de l'axe 3

### Focus sur une dynamique de l'axe

L'axe 3 est centré sur la **qualité** (visuelle, nutritionnelle) et la **valorisation** (thérapeutique, cosmétique, agronomique) **des productions du végétal spécialisé** et mobilise des approches transdisciplinaires et multi-échelles. Cet axe regroupe des équipes de l'IRHS (équipes GDO, QuarVeg QualiPom, VALEMA, STRAGENE, STREMH0), le GRAPPE et le SONAS, dont les thématiques de recherche peuvent également être inter-axe. Les activités de recherche des équipes de cet axe sont bien identifiées et s'inscrivent dans des thématiques de recherche impliquant des réseaux de collaborations nationaux et internationaux.

En raison de la situation sanitaire, l'année 2020 est marquée par une légère baisse de la dynamique de l'axe 3 notamment en ce qui concerne les **mobilités internationales** et l'organisation|participation à des **séminaires et colloques**. Toutefois, plusieurs **projets** ont été acceptés durant l'année 2020, concernant les deux principaux champs thématiques (qualité et valorisation) de l'axe 3 de la SFR.

Par ailleurs, **3 faits marquants** impliquant les équipes de l'axe 3 et les plateaux techniques de la SFR peuvent être mis en avant.

- Les travaux de l'équipe GDO de l'IRHS impliquant la plateforme IMAC et le plateau ANAN sur le **détermi-**

**nisme génétique des piquants chez la rose** ont été publiés dans Theoretical and Applied Genetics.

- Ceux des équipes l'équipe STREMH0 de l'IRHS (axe 3) et SMS de l'IRHS (axe 1) impliquant la plateforme PHENOTIC sur le **piégeage de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dépendante du cycle glutathion-ascorbate** comme processus important dans la croissance axillaire des bourgeons chez le rosier a été publié dans Annals of Botany.
- Enfin, les travaux du SONAS et de ses partenaires européens impliquant le plateau PHYTO sur le développement de **nouveaux agents anti-inflammatoires à partir d'analogues naturels de la vitamine E** ont été publiés dans European Journal of Medicinal Chemistry ; ces travaux constituent des éléments essentiels pour mener à bien le projet DIVE, financé par l'ANR (type PRCI) de 2020 à 2023.

En 2020-2021, à des fins de structuration, l'animation de l'axe 3 porte sur la "**Modélisation pour la qualité / valorisation du végétal spécialisé**". En effet, l'utilisation des outils de modélisation permet de répondre à des questions chimiques ou biologiques complexes en lien avec des processus et problématiques liés à la qualité et la valorisation du végétal spécialisé. Plusieurs équipes de l'axe 3 disposent d'outils et d'un réseau qui méritent d'être mieux valorisés.



## Les aiguillons du rosier : un sujet épineux !

Le déterminisme génétique de la présence et de la densité des aiguillons est mal connu chez les plantes. La sélection de rosier inerme est un enjeu important pour la production de fleurs coupées.

Notre objectif était de comprendre le déterminisme génétique et moléculaire des épines sur la tige en combinant une analyse génétique sur descendance et une approche gène-candidat.

Nous avons détecté un locus majeur sur le LG3 qui contrôle la présence des aiguillons et trois QTLs (LG3, 4 et 1) responsables de la densité des aiguillons. Nous avons testé si les aiguillons ne pouvaient pas être des trichomes modifiés en étudiant l'expression des homologues des gènes de rose connus chez *Arabidopsis*, impliqués dans l'initiation des trichomes. Quatre gènes ont ainsi été détectés sous les QTLs, mais leurs profils d'expression n'ont pas permis de valider l'hypothèse.

#### Le + SFR :

Ce projet a été réalisé avec la plateforme IMAC pour l'analyse histologique du développement de l'aiguillon de rosier. L'ensemble des expériences de q-PCR a été réalisé sur le plateau ANAN.

#### CONTACT

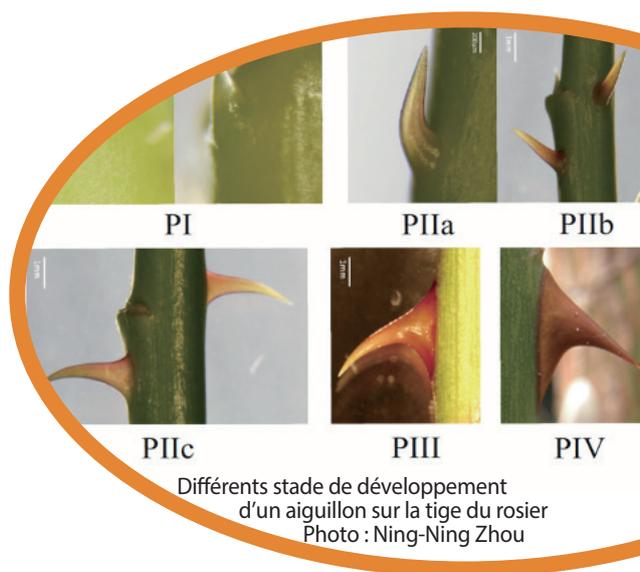
fabrice.foucher@inrae.fr  
IRHS-équipe GDO

#### PARTENAIRES & FINANCEMENT

Cette étude a été menée par l'équipe GDO de l'IRHS, en partenariat avec Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming. La thèse de Ning-Ning Zhou a été financée par CSC (China Science Council).

#### PUBLICATION

N. Zhou, K. Tang, J. Jauffre, T. Thouroude, D Lopez Arias, et al.. Genetic determinism of prickles in rose. TAG Theoretical and Applied Genetics, Springer Verlag, 2020, 19 p. DOI:10.1007/s00122-020-03652-7 (hal-02933278).



Différents stade de développement d'un aiguillon sur la tige du rosier  
Photo : Ning-Ning Zhou

Cette étude offre une meilleure connaissance des bases génétiques et moléculaires des aiguillons de rosier et sera complétée par une approche transcriptomique.

Il s'agit d'une des premières études sur les bases moléculaire et génétique de ce caractère important chez le rosier. De plus, des applications avec le développement de marqueurs sont possibles pour sélection des roses inermes.



# L'eau oxygénée est un acteur majeur de la régulation du débourrement du bourgeon chez le rosier buisson

Le débourrement conditionne la forme générale de la plante ; des résultats obtenus chez la tomate suggèrent un rôle prépondérant de l'eau oxygénée dans le mécanisme de débourrement.

L'objectif de cette étude est de déterminer chez le rosier ce mécanisme encore inconnu.

Le bourgeon quiescent contient de fortes teneurs en eau oxygénée qui diminuent au fur et à mesure du débourrement. Cette baisse est essentiellement la conséquence d'une augmentation de sa dégradation associée au cycle du glutathion. En revanche l'activité de dégradation de l'eau oxygénée liée à la catalase ne semble pas être impliquée. L'eau oxygénée active les gènes réprimant le processus de débourrement et réprime les gènes impliqués dans l'induction de ce processus.

#### Le + SFR :

La plateforme PHENOTIC a produit des plantes en grand nombre qui constituent le pré-requis indispensable à la réalisation de ce type de projet.

#### CONTACT

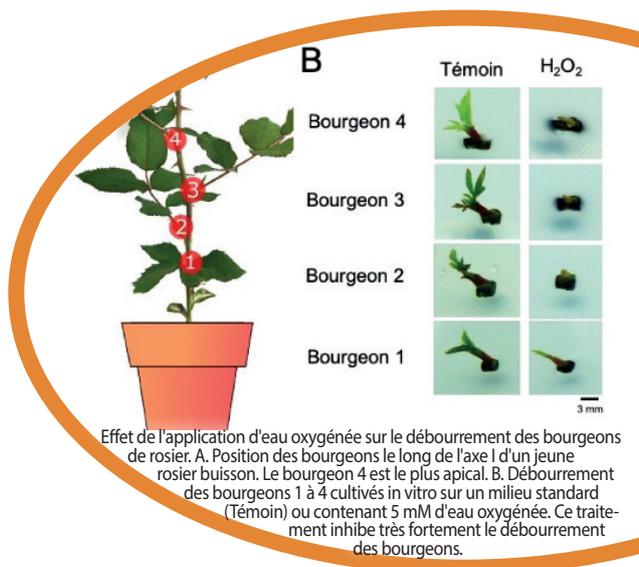
alain.vian@univ-angers.fr  
IRHS-équipe STREMH0

#### PARTENAIRES & FINANCEMENT

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un partenariat entre les équipes de l'IRHS STREMH0 (axe 3) et SMS (axe 1) dans le cadre d'une thèse financée par Angers Loire Métropole.

#### PUBLICATION

Porcher A, Guérin V, Montrichard F, Lebrec A, Lothier J, Vian A. 2020. Ascorbate glutathione-dependent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> scavenging is an important process in axillary bud outgrowth in rosebush. *Annals of Botany*. 126: 1049-1062.



Effet de l'application d'eau oxygénée sur le débourrement des bourgeons de rosier. A. Position des bourgeons le long de l'axe I d'un jeune rosier buisson. Le bourgeon 4 est le plus apical. B. Débourrement des bourgeons 1 à 4 cultivés in vitro sur un milieu standard (Témoin) ou contenant 5 mM d'eau oxygénée. Ce traitement inhibe très fortement le débourrement des bourgeons.

Cette recherche a permis de caractériser le mécanisme de contrôle du débourrement associé à l'eau oxygénée qu'il convient, en conséquence, d'inclure dans le schéma global du débourrement

La connaissance de l'ensemble des acteurs impliqués dans le débourrement est de toute première importance pour avoir une compréhension globale de ce mécanisme.



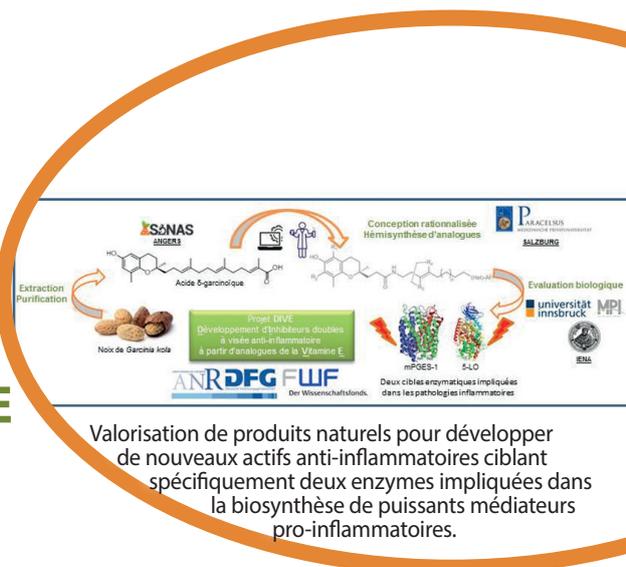
## Développement de nouveaux agents anti-inflammatoires à partir d'analogues naturels de la vitamine E

L'inflammation correspond à une réponse de protection par le système immunitaire face à un stimulus nocif, une infection ou une blessure par exemple. Parfois, au lieu de s'arrêter après élimination du stimulus initial, ce phénomène aigu peut se prolonger voire dysfonctionner, évoluer en un état chronique et s'accompagner du développement de diverses pathologies avec une composante inflammatoire principale ou secondaire (ex : polyarthrite rhumatoïde, maladies inflammatoires chroniques de la peau ou de l'intestin, cancer du colon). Parmi les traitements disponibles à ce jour, il est reconnu que l'administration prolongée d'anti-inflammatoires stéroïdiens ou non stéroïdiens conduit à des effets secondaires importants pour les patients.

Le travail actuellement réalisé au SONAS s'attache à valoriser des produits d'origine naturelle pour développer de nouveaux actifs anti-inflammatoires présentant des effets secondaires moindres en ciblant spécifiquement deux enzymes impliquées dans la biosynthèse de puissants médiateurs pro-inflammatoires.

#### Le + SFR :

L'extraction et la purification de l'acide  $\delta$ -garcinoïque, produit de départ des synthèses, sont réalisées grâce aux équipements du plateau PHYTO. Le projet DIVE implique des collègues du CMBI (Univ. Innsbruck) partenaire identifié par la Stratégie Internationale du RFI Objectif Végétal.



La stratégie implique différentes approches classiques de chimie médicinale. Tout d'abord, un travail de modélisation moléculaire permet de concevoir une bibliothèque virtuelle de ligands et d'évaluer leur affinité pour les cibles choisies. Cette approche rationalise le choix des structures qui sont ensuite hémisynthétisées (i.e. obtenues à partir d'un produit naturel extrait et purifié au préalable). Les composés préparés sont ensuite évalués par nos partenaires au travers de tests enzymatiques in vitro. Ainsi les résultats obtenus pendant la thèse de Chau Phi Dinh (soutenue le 15/12/2020) et rapportés dans l'article Eur. J. Med. Chem. décrivent notamment une méthode semi-quantitative de prédiction de l'inhibition de la 5-lipoxygénase par des dérivés hémisynthétiques de l'acide  $\delta$ -garcinoïque, extrait de noix de kola.

Ces résultats constituent des éléments essentiels pour mener à bien le projet DIVE, financé par l'ANR (type PRCI) de 2020 à 2023 impliquant des partenaires allemands, autrichiens et italiens.

Ce travail complète d'autres résultats préliminaires et cet ensemble a constitué un sérieux atout pour l'obtention du financement PRCI ANR-DFG-FWF.

#### CONTACT

[jj.helesbeux@univ-angers.fr](mailto:jj.helesbeux@univ-angers.fr)

SONAS

#### PARTENAIRES

SONAS (porteur projet DIVE, UA), Andreas KOEBERLE (MPI, Univ Innsbruck, Autriche), Oliver WERZ (Univ. Iéna, Allemagne), financés par les agences nationales correspondantes, ANR, FWF et DFG

#### PUBLICATION

C.P. Dinh, et al. Structure-based design, semi-synthesis and anti-inflammatory activity of tocotrienolic amides as 5-lipoxygenase inhibitors Eur. J. Med. Chem., 2020, 202, 112518.



#### Revue et chapitres d'ouvrages

- Ming Wang, Lili Zang, Fuchao Jiao, Maria-Dolores Perez-Garcia, Laurent Ogé, Latifa Hamama, José Le Gourrierec, Soulaïman Sakr and Jingtang Chen. Sugar Signaling and Post-transcriptional Regulation in Plants: An Overlooked or an Emerging Topic? *Frontiers in Plant Science* 2020, doi: 10.3389/fpls.2020.578096.
- Geoffriau, E. (2020). Carrot root quality. In Geoffriau, E. & Simon, P.W. (Eds.) *Carrots and Related Apiaceae Crops*, CABI, pp. 171-184.
- Villeneuve, F., & Geoffriau, E. (2020). Carrot physiological disorders and crop adaptation to stress. In Geoffriau, E. & Simon, P.W. (Eds.) *Carrots and Related Apiaceae Crops*, CABI, pp. 156-170.

#### Publication entre des équipes de la SFR QuaSaV | SFR ICAT

- Soletti, R., Mallegol, P., Hilairret, G., Frifra, M., Perrin, F., Dubois-Laurent, C., Huet, S., Pignon, P., Basset, L., Geoffriau, E., Andriantsitohaina, R. (2020). Carrot Genotypes Contrasted by Root Color and Grown under Different Conditions Displayed Differential Pharmacological Profiles in Vascular and Metabolic Cells. *Nutrients*, 12(2), 337. <https://doi.org/10.3390/nu12020337>.

#### Responsabilité éditoriale

##### Publication des actes du congrès GreenSys2019

- Bournet P.E., Brajeul E., Fatnassi H. 2020. Proceedings of the international symposium on advanced technologies and management for innovative greenhouses- GreenSys2019 Vol 1., 653p. ISBN 978-94-62612-94-5, ISSN 0567-7572.
- Bournet P.E., Brajeul E., Fatnassi H. 2020. Proceedings of the international symposium on advanced technologies and management for innovative greenhouses- GreenSys2019 Vol 2., 573p. ISBN 978-94-62612-94-5, ISSN 0567-7572.

#### Animation scientifique de l'axe

L'animation annuelle de l'axe 3 portait en 2020 sur la "Modélisation pour la qualité / valorisation du végétal spécialisé". L'objectif était de démontrer l'intérêt de l'utilisation des outils de modélisation pour répondre à des questions chimiques ou biologiques complexes en lien avec des processus et problématiques liés à la qualité et la valorisation du végétal spécialisé. En effet, la modélisation est un outil très puissant pour acquérir et progresser sur des questions multiprocessus ; en outre, cette approche est

de plus en plus utilisée par certaines équipes de la SFR dont certaines sont rattachées à l'axe 3. L'organisation de cette animation était une occasion d'initier des échanges sur la pertinence de ces outils de modélisation pour répondre aux questions scientifiques des équipes de la SFR mais également d'initier de nouvelles collaborations entre les équipes de la SFR puisque certaines équipes de l'axe 3 les utilisent déjà. En raison de la situation sanitaire, cette journée prévue en mars 2020, a été reportée en 2021.



#### Thèses et post-doc

- Thèse "Étude des effets de la Leafamine® sur la physiologie de la plante en condition de stress hydrique" (acronyme LEAFY). La gestion hydrique constitue un enjeu agronomique majeur dans la performance productive des systèmes de culture. Un des leviers d'amélioration de cette performance est l'utilisation de biostimulants, visant à stimuler des processus naturels de la plante et améliorer sa croissance et sa tolérance aux conditions environnementales contraignantes. Une telle stratégie devient cruciale dans le contexte actuel de changements climatiques et préservation de l'environnement.
- Thèse "Caractérisation des réponses comportementales des consommateurs face aux innovations horticoles au travers d'une étude des attributs intrinsèques et extrinsèques". Naïs SEGOND (2020-2023) co-dirigée par Gaëlle Pantin-Sohier (GRANEM) et par Ronan Symoneaux (GRAPPE), tous deux partenaires de l'UMT STRATège a débuté en 2020 une thèse CIFRE (employeur : ASTREDHOR) sur ce sujet.
- Post-doc SiTA-PC : dans le cadre du projet SiTa-PC (2021-2022, Stratégie internationale, RFI Objectif Végétal), Barat Kumar a débuté un post-doctorat de 18 mois au SONAS sur la pharmacomodulation de dihydrochalcones du pommier ciblant la 17 $\beta$ -hydroxystéroïde deshydrogénase 5. Il s'agit de la suite du projet ADAPT (2018-2020) initié avec un partenaire autrichien spécialisé en modélisation moléculaire.

#### Collaboration initiée sur la valorisation des produits naturels comme nouvelle génération de nanifiant

L'architecture de la plante résulte de l'organisation spatiotemporelle des branches mais également du degré de compacité de la plante. Au-delà du levier génétique, les producteurs de plants ornementaux et dans certaines mesures les arboriculteurs ont introduit, dans leur itinéraire cultural, l'utilisation des produits chimiques qualifiés de nanifiants, pour contrôler l'élongation du rameau et donc la compacité de la plante. Ces intrants qui sont d'origines chimiques (synthétiques) constituent une menace pour la préservation de l'environnement et de la biodiversité. Dans la perspective de leur interdiction, l'identification d'une nouvelle génération de régulateurs de croissance, non synthétiques, naturels, non rémanents est une piste envisagée pour remplacer les produits existants.

Dans ce cadre, une collaboration a été initiée en 2020 (stage BTS et Master 2) entre des équipes de l'axe 3 (STRAGENE, SONAS) et de l'axe 1 (SMS) autour de l'identification de produits naturels (PNs) modulateurs de la croissance pour remplacer certains intrants 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.



#### Accueil & Mobilités internationales

- Mobilité (MIR) de Mickaela Skopikova (doctorante SONAS 2017-2020) dans le cadre de sa thèse de doctorat sur une collaboration entre le SONAS et RES-POM, à l'Université Technique Munich, dans le laboratoire de Prof Thomas Brueck (WSSB) (15-30/09/2020) pour quantifier des métabolites secondaires régulés à la hausse suite à l'application des stimulateurs de défenses des plantes sur le pommier.
- Accueil (EcosNord) de Lina Fernanda Silva Castro au SONAS (1/2-5/2020) dans le cadre de son master 2 (Merida, Mexique) sur la dérégulation par RMN du carbone 13 d'extraits et fractions de *Garcinia intermedia* et *Calophyllum brasiliense* inhibant potentiellement la voie UPR.

#### Perspectives : initiation de nouveaux projets

- ANR DIVE (2020-2023) – Financé par l'ANR, la DFG et la FWF (programme PRCI) et associant le SONAS (coordinateur J.J. Hélesbeux) et ses partenaires allemands (Laboratoire de chimie médicinale, Université d'Iéna), autrichiens (Center for Molecular Biosciences of Innsbruck) (financés par leurs agences respectives) et italiens (non financés), le projet DIVE vise à concevoir *in silico*, hémisynthétiser, et caractériser de nouveaux chromanols inhibiteurs doubles d'enzymes impliquées dans l'inflammation (m-PGES-1 et 5-LOX) pour une alternative efficace aux AINS, évitant leurs effets secondaires. Le projet a débuté en septembre 2020.
- Thématique AGRO-SANTE : Compréhension des relations entre le développement architectural de la plante et l'accumulation des métabolites secondaires. L'entreprise DELLED, une startup en cours d'installation sur Angers avec un modèle économique basé sur la valorisation des métabolites secondaires du chanvre médical, a très récemment sollicité deux équipes de l'axe 3 de la SFR (STRAGENE de l'IRHS, SONAS) et le Plateau PIAM PHYTO pour discuter de la possibilité d'élaboration d'un projet collaboratif. Une première réunion a été programmée en février 2021. L'entreprise DELLED cherche à comprendre comment : i) des facteurs environnementaux (notamment la lumière) contrôlent le développement architectural de la plante et ii) ce développement architectural influence la productivité de la plante, en termes de quantité et qualité des métabolites secondaires.
- Thématique Végétal en milieu urbain : poursuite d'utilisation du dispositif "Rue Canyon". L'unité EPHor s'est dotée d'un dispositif expérimental pour étudier les interactions entre végétal et climat urbain : une Rue Canyon végétalisée à l'échelle 1/5<sup>ème</sup> de 16m de long, bordée de bâtiments de 2m 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 sera également utilisée en 2021 dans le cadre d'un projet de thèse (Projet CoolTrHyd) en partenariat avec la Ville de Paris (contrat CIFRE). Ce projet vise à appréhender l'impact d'une hausse des températures et d'une diminution de la ressource en eau sur les bénéfices climatiques des arbres en ville. Pour ce faire, une démarche a été élaborée pour :
  - ▶ quantifier l'impact des conditions urbaines (climat plus chaud et plus sec qu'en zone rurale, effets d'ombrage/réflexion des infrastructures...) et d'une restriction hydrique sur les services climatiques rendus par les arbres en ville et les déterminants de ces services avec notamment une analyse du fonctionnement transpiratoire des végétaux et de leur développement,
  - ▶ quantifier et comparer les bénéfices apportés par différentes essences d'arbres,
  - ▶ analyser l'impact du changement climatique sur les services climatiques apportés par les arbres.Le projet CoolTrHyd s'appuie sur un réseau EPHor, l'IRHS (équipe STRAGENE), le LEE (Université Gustave Eiffel), le PIAF (équipe MEA) de Clermont Ferrand et la direction des espaces verts de Paris sont associés à ces travaux.



## 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 initialement dédié principalement au génotypage s'est étendue 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 plateau technique a évolué vers des techniques de microscopie moderne : microscopie confocale, analyse MEB, microscopie à épifluorescence et récemment hybridation *in situ*.



### Collection de microorganismes

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



PHYTO

### Analyses phytochimiques

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



SEMENCES & PLANTES

### Phénotypage des Semences et des Plantes

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.



### 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 et le soutien aux projets. 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

### IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

#### Responsables

- **Responsable opérationnelle :**  
Aurélia Rolland, Université Angers - aurelia.rolland@univ-angers.fr
- **Responsable scientifique :**  
David Macherel, Université Angers, unité IRHS - david.macherel@univ-angers.fr
- **Responsable technique :**  
Fabienne Simonneau, INRAE, unité IRHS - fabienne.simonneau@inrae.fr



#### Présentation du plateau technique

Le plateau technique IMAC de la SFR4207 QuaSaV a pour vocation de proposer aux chercheurs de la SFR et de ses partenaires, et plus largement à la communauté scientifique et entrepreneuriale du pôle végétal angevin, un accès à des technologies et équipements indispensables à la conduite de travaux de recherche en microscopie et imagerie.

Sur le plateau, il est possible de réaliser les techniques classiques d'histologie (fixation, inclusions, coupes au microtome, colorations et analyses d'images, prépa-

rations 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 (SCIAM).

#### Principaux équipements

Le PTM-IMAC est hébergé par l'IRHS dans le bâtiment Campus du Végétal. Le montant global du parc équipement sur le plateau s'élève à 770 k€. Seuls les équipements d'un montant d'achat supérieur à 10 k€ sont listés ci-dessous :

##### Équipement de microtomie :

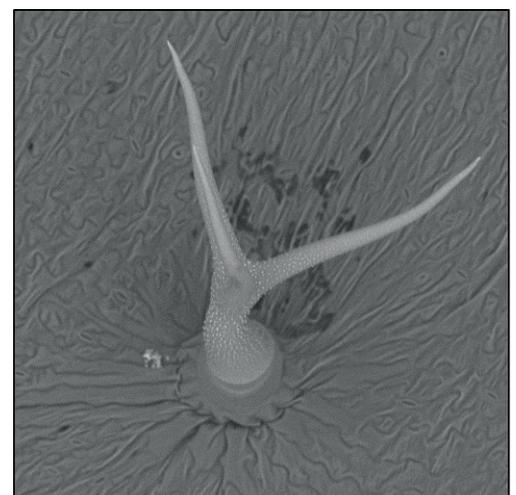
- Cryostat Leica CM3050 S-mot/tr (2006)
- Microtome automatique Leica RM2165 (2001)
- Microtome automatique Leica RM2265 (2013)
- Vibratome MICROM HM 650V (2008)

##### Observations et analyses :

- Microscopie optique et photonique (fluorescence) :
- Microscope Leica DM1000 (2006)
- Microscope Olympus BH2 (1984)
- Stéréomicroscope Olympus SZX16 (2007)
- Microscope confocal à balayage laser NIKON A1 (2010)
- Microscope Zeiss Axio Imager Z2, (2013)
- Macroscopie Zeiss Axio Zoom V16 (2019)
- Spinning disk Crest-Optics X-Light V3 (2020)

##### Microscopie électronique :

- Microscope électronique à balayage de table Phenom MEB PRO G2 (2012)



Trichome émergent à la surface de l'épiderme de feuille d'*Arabidopsis thaliana* par microscopie électronique à balayage (Détection des électrons rétrodiffusés, BSD). (Patricia Mallego, VALEMA, IRHS)



## IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

### Faits marquants 2020 :

#### Principaux projets :

L'activité du plateau peut être évaluée en considérant le nombre de projets d'imagerie cellulaire déposés par les chercheurs de la communauté scientifique végétale angevine et de ses partenaires.

La répartition des projets depuis 2012 en fonction des axes de recherche de la SFR sont listés ci-dessous. Une baisse d'activité est enregistrée sur l'année 2020 en raison du contexte sanitaire lié à la COVID-19.

Axe	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Moy
Axe 1 : Gestion durable de la santé des plantes	8	8	8	10	8	8	19	15	10	
Axe 2 : Qualité physiologique et sanitaire des semences	12	12	12	12	8	9	8	10	10	
Axe 3 : Qualités des productions végétales spécialisées	17	14	12	8	7	17	14	8	5	
Autres	5	7	5	3	0	0	0	4	2	
<b>Total :</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>35</b>
<b>Moyenne annuelle :</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>9</b>

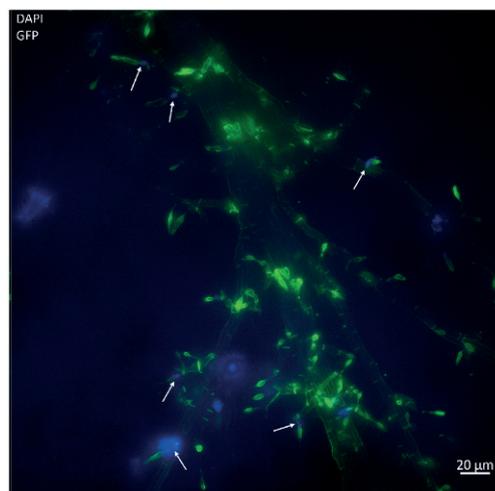
*Évolution du nombre et de la répartition des projets, par axe depuis, 2012 sur le PT IMAC.*

Au cours de l'année 2020, 27 projets ont été initiés ou poursuivis sur le plateau IMAC, dont 9 en lien avec des sujets de thèse.

#### Partage de savoir-faire et de connaissances : Démonstration et utilisation d'outils d'imagerie à l'interface enseignement-recherche, accueil d'étudiants sur le plateau IMAC :

Atelier pratique organisé pour 21 étudiants du module de licence 3 Sciences des Productions Végétales, Biologie Cellulaire Approfondie (Fac des Sciences, Université d'Angers) sur le microscope confocal, afin d'observer différents tissus et organites cellulaires, le 13 mars 2020 (in extrémis avant le confinement), par David Macherel, IRHS équipe SMS.

*Interaction compatible entre Rosa chinensis 'Old Blush' et Diplocarpon rosae, le champignon hémibiotrophe causant la maladie des taches noires sur rosier. Les flèches montrent le dépôt de callose autour du tube donnant naissance à l'haustorium (structure de nutrition du pathogène en forme de quille/bouteille). On peut y voir les hyphes long distances formant des lignes parallèles entre la cuticule et l'épiderme et se divisant en plusieurs branches ainsi que des hyphes courtes distances qui colonisent le mésophylle. (Diana Lopez Arias, équipe GDO de l'IRHS)*





## IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

### Partenariat

#### Mise en place d'un partenariat IMAC-France Scientifique (nov. 2020)

Ce partenariat comprend l'installation dans nos locaux du MEB de table Phenom XL de deuxième génération, comprenant un panel de détecteurs supplémentaires par rapport à notre système actuel (BSD, SED, EDS, Grande Chambre, Automatisation, grossissement 100 000x).

L'utilisation de cet équipement est soumise à la rédaction d'une fiche projet.

### Nouvelles acquisitions

#### Tête confocale à disque tournant "Spinning disk"

Spinning disk X-Light V3 (Crest-Optics), NIKON

Financement : CPER 2016-2020 Phenotic2-PhenoHighWay

Date d'acquisition : novembre 2020

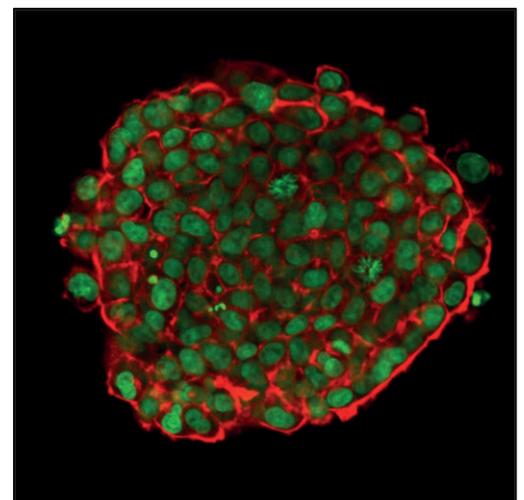
Depuis 2020, notre système de microscopie confocale à balayage laser est dorénavant doté d'un module additionnel de type "Spinning disk" (CrEST X-Light-camera/capteur-source LED). La technologie spinning disk permet de réaliser des acquisitions en temps réel, ce qui est très avantageux par rapport au 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 ainsi des observations très rapides de matériel vivant, avec nettement moins de dommages photochimiques lors de l'excitation des fluorochromes. Un autre avantage important est que le module spinning disk intègre sa propre source d'excitation, ses sources laser LED bénéficiant d'une stabilité et d'une durée de vie très importantes. L'intégration du module spinning disk permet de disposer d'un microscope confocal disposant à la fois du balayage laser (très performant pour du matériel fixé) et du spinning disk, sans nécessiter l'investissement conséquent dans un nouveau système dédié de microscopie confocale.

Par ailleurs le laser Argon (multi-raies 457-514 nm), qui est le plus utilisé, est en fin de vie et a été remplacé par un **laser à diodes** qui a une très longue durée de vie. Enfin deux **détecteurs PMT** ont été remplacés par de nouveaux modèles hybrides qui permettent de gagner 40 % en sensibilité, ce qui est considérable.

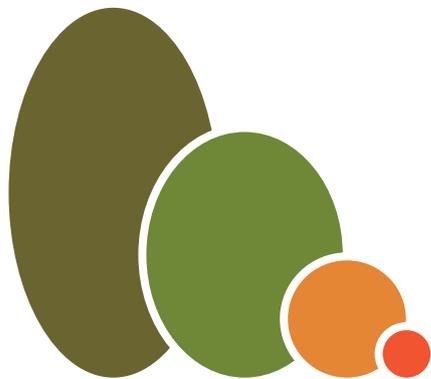
#### Logiciel analyse d'image 3 D : NIS-A 3D Measurement, Nikon

Date d'acquisition : décembre 2020.

Ce module vient en complément au logiciel d'acquisition Nis-C qui pilote l'acquisition d'image sur le microscope confocal/spinning, il sera très utile car il donnera accès à des capacités d'analyse d'image directement en 3D (volumes, surfaces, dénombrement d'objet, trajectoires...).



*Sphéroïde (modèle de culture 3D multicellulaires)  
de cellules tumorales exprimant des marqueurs  
fluorescents (Projection d'intensité)  
(A. Rolland, C. Rivière,  
microscopie confocale, PTM-IMAC)*



## IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

### Rayonnement

Le réseau de microscopistes INRAE (RµI) propose un inventaire en ligne des équipements de microscopie et d'imagerie utilisés par les adhérents. Le plateau IMAC sera très prochainement recensé dans cette base de données.

**Webinaire : Journées Scientifiques et Techniques (JST) du réseau RµI**, qui s'est tenue le 26 nov. 2020.

### Principales valorisations 2020 :

#### Articles

Sur l'année 2020, le Plateau IMAC a été remercié dans quatre publications, sans oublier les citations dans les posters, mémoires de master et dans les thèses de doctorat de l'Université d'Angers.

- Pellizzaro A, Neveu M, Lalanne D, LyVu B, Kanno Y, Seo M, Leprince O, Buitink J (2020) A role for auxin signaling in the acquisition of longevity during seed maturation. *New Phytol* 225: 284–296
- Zang L, Morère-Le Paven MC, Clochard T, Porcher A, Satour P, Mojović M, Vidović M, Limami AM, Montrichard F (2020) Nitrate inhibits primary root growth by reducing accumulation of reactive oxygen species in the root tip in *Medicago truncatula*. *Plant Physiol Biochem* 146: 363–373
- Zhou NN, Tang KX, Jeauffre J, Thouroude T, Arias DCL, Foucher F, Oyant LH Saint (2020) Genetic determinism of prickles in rose. *Theor Appl Genet* 133: 3017–3035
- Piersanti S, Reborra M, Salerno G, Anton S (2020) The antennal pathway of dragonfly nymphs, from sensilla to the brain. *Insects* 11: 1–15

#### Communication orale

Le plateau IMAC a contribué à un événement en ligne et a été présenté dans le cadre d'une journée IMA-BIO Anjou : Séminaire d'analyse d'images en sciences du vivant, le 4 novembre 2020. Cette animation, qui s'inscrit dans le cadre des Séminaires Imabio Anjou UFR Math-STIC, fût animée et organisée par David Rousseau (SFR Math STIC, Université d'Angers) et Guillaume Mabillean (SFR Santé, SCIAM, Université d'Angers). La première session était dédiée à la présentation des plateaux et plateformes. La seconde session était dédiée à la présentation de solutions logiciels et la troisième à des exemples de réalisations sur les plateformes/plateaux. Le succès de cet événement a été important, avec plus de 150 participants. Les vidéos de présentation des différentes plateformes sont disponibles sur : <https://youtu.be/1TM29bHcfro> (15 min).

### Perspectives 2020 :

#### Animation scientifique envisagée courant juin 2021

Le Plateau IMAC proposera en juin une animation scientifique en format vidéo pour promouvoir un équipement acquis récemment, le microscope de fluorescence : AXIO Zoom V16 ZEISS (acquis en nov 2019).

#### Poursuite de l'implication du plateau IMAC dans le projet SynPuce

Accepté dans le cadre de l'AAP interne de la Commission Recherche 2019 (UA), (avril 2019-avril 2021), le projet SynPuce porté par Caroline Deshayes (SiFCIR), vise à optimiser l'efficacité d'un insecticide par nano-encapsulation d'un agent synergisant (la deltaméthrine) pour lutter contre les ravageurs de culture. La stratégie proposée est de réduire les doses d'insecticides en optimisant leur efficacité et limiter l'émergence d'insectes résistants. 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 épifluorescence ou confocale sur le plateau IMAC.



## PLATEAU TECHNIQUE

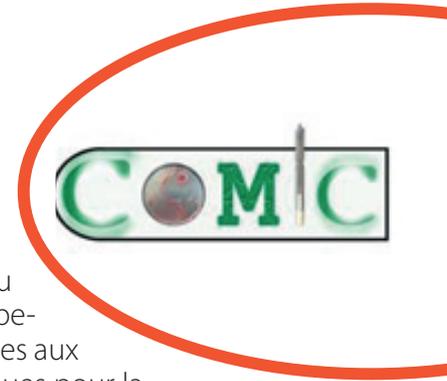
### COMIC : Collections de micro-organismes

#### Responsables

Perrine Portier, INRAE, unité IRHS - perrine.portier@inrae.fr

#### Présentation du plateau technique

Le plateau technique mutualisé COMIC, pour Collection de MICroorganismes a pour objectif 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. Celle-ci préserve plus de 7000 accessions de bactéries, ressources stratégiques pour la protection des plantes.



#### Principaux équipements

Afin de mener à bien ses activités le plateau COMIC a accès à un congélateur -80°C, un lyophilisateur, des tanks pour la conservation des ressources en azote liquide dans un local adapté et sécurisé et une solution informatique de gestion de collection. De plus, le plateau COMIC a acquis en 2017 un appareil Omnilog permettant l'analyse haut débit du métabolisme microbien.

Le plateau COMIC propose :

- un service de lyophilisation (souches ou d'échantillons)
- un service de conservation de double de collection à -80°C ou dans l'azote liquide
- un service d'accompagnement pour l'amélioration de la qualité de la conservation
- un service de phénotypage des microorganismes, basé sur la technologie Biolog, sous forme de prestation ou d'accompagnement à l'utilisation d'un appareil Omnilog.

#### Faits marquants 2020 :

##### Crise sanitaire :

La crise de 2020 a impliqué l'arrêt du plateau au printemps 2020, une réduction marquée des activités du plateau, le report de projets prévus en 2020 (qui devaient utiliser l'omnilog) et le report de l'animation prévue sur le plateau.

##### Projet BioFun :

En 2020, le projet BioFun déposé à l'appel à projet interne de la SFR QuaSaV a été accepté. Ce projet vise à mettre au point les conditions de l'utilisation de la technologie Biolog pour l'étude du métabolisme fongique. La technologie Biolog se révèle d'intérêt pour le phénotypage du métabolisme microbien, notamment de par sa standardisation et sa portabilité. La méthode consiste à mesurer la capacité d'un organisme à cataboliser un substrat particulier en mesurant la respiration via l'utilisation d'un indicateur coloré. L'entreprise Biolog commercialise à cette fin un ensemble de plaques standardisées. La littérature montre beaucoup d'exemples de l'utilisation de cette technique et le plateau COMIC a déjà mis en application cette technique avec succès pour les bactéries et les levures. Cependant, pour les champignons filamenteux la littérature est moins abondante et ne porte pas sur les ressources fongiques modèles des membres de la SFR QuaSaV.



## COMIC : Collections de micro-organismes

A la suite de tests réalisés avec l'équipe FungiSem de l'IRHS il est apparu que l'utilisation de la technique Biolog pour les ressources de la SFR pose problème. En effet les champignons donnent des résultats parfois ambigus ou inexploitable par l'appareil Omnilog (réponse hétérogène). L'objectif du projet BioFun est de mener des expérimentations afin d'améliorer les protocoles pour l'utilisation de la technologie Biolog (protocoles de pré-culture, préparation des inoculum, milieu d'inoculation) et de tester l'utilisation des plaques Biolog dans les néphélomètres de l'équipe FungiSem (ce qui permet la mesure de la croissance fongique mycellaire au lieu de la respiration). Ces tests porteront sur un ensemble de souches modèles de la SFR : *Alternaria brassicicola*, *Venturia inaequalis*, *Alternaria dauci*, *Trichoderma sp.*, *Diplocarpon rosae*, *Rhizoctonia solani* et *Pythium utimum*.

### **Biologics :**

En 2020 le CIRM-CFBP a acquis un nouvel outil pour la gestion informatique des ressources. Ce logiciel Biologics qui permet la création de base de données de gestion de ressources, profitera directement au plateau COMIC, puisque les ressources COMIC seront gérées aussi par cet outil. De plus, via COMIC, ce logiciel est partagé avec l'équipe FungiSem de l'IRHS pour que cette équipe qui n'avait pas de tel outil jusque maintenant puisse gérer efficacement ses ressources. Ce point devenait critique pour cette équipe.

### **Valorisations 2020**

• Taghouti G., Briand M., Dutrieux C., Lathus A., Fsicher-Le Saux M., Portier P. : High-throughput metabolic phenotyping of microorganisms at CIRM-CFBP, 14<sup>e</sup> rencontres plantes-bactéries Aussois 27-31 janvier 2020.

### **Perspectives 2021**

#### **Projet BioFun**

Pour 2021 il est prévu d'obtenir les données pour le projet BioFun. Une stagiaire M1 arrivera en avril 2021 sur ce projet pour 4 mois encadrée par Muriel Marchi (IRHS FungiSem) et Perrine Portier (IRHS EmerSys, COMIC).

#### **Projet Microstore**

La deuxième partie du projet Microstore (financement SPE, coordination Perrine Portier) initialement prévue en 2020 a été reportée en 2021. Les acquisitions des données Biolog prévues dans ce projet sont en cours sur le plateau COMIC.

#### **Biologics**

La mise en place de la base de données fonctionnelle pour le CIRM-CFBP, COMIC et l'équipe FUNGISEM de l'IRHS dans Biologics demande un travail de construction de cette base qui est en cours.

#### **Animation du plateau**

Il est prévu d'organiser des "travaux pratiques" pour montrer les potentialités de la technique Biolog et sa mise en application.



Stockage des microorganismes dans l'azote liquide à -196°C



## PLATEFORME

### PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

#### Responsables

- David Guilet, Université d'Angers, unité SONAS - david.guilet@univ-angers.f
- Dimitri Bréard, Université d'Angers, unité SONAS - dimitri.breard@univ-angers.fr

#### 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 souhaitant réaliser des analyses qualitatives ou quantitatives de métabolites secondaires d'origine végétale. Le PT PHYTO est constitué d'équipements mutualisés par le SONAS (EA 921), mutualisés par le plateau Astral (SFR Matrix, ex-PIAM), et aussi d'équipements acquis par la SFR QuaSaV.

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



#### Principaux équipements

- Principaux équipements dédiés à la préparation d'échantillon
  - ▶ Lyophilisateur
  - ▶ Extracteur par solvant sous pression (PLE)
  - ▶ Extracteurs à ultrason
- Principaux équipements dédiés à la chromatographie :
  - ▶ Chromatographie analytique : UPLC-Q-TOF/MS (2020), UPLC-MS/MS, HPLC-MS<sub>n</sub>, GC-MS, HPLC-UV, HPLC-UV-DEDL, HPLC-Fluorescence
  - ▶ Chromatographie préparative : Flash CL, CPC, HPLC-Préparative (2020)
- Principaux équipements dédiés à l'identification structurale :
  - ▶ Spectromètres de RMN 400 MHz (campus végétal) et 300 et 500 MHz (PIAM),
  - ▶ Spectromètres de masse Maldi-tof/tof.

#### Faits marquants 2020

##### Équipements

- Acquisition d'un **spectromètre de masse haute résolution** (MS et MS/MS, Xevo G2-XS QTOF) couplé à une chaîne UHPLC, fournisseur Waters, installation octobre 2020.
- Achat **HPLC Préparative** (50ml/min) Shimadzu.



## PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

### Projets

Principaux projets utilisateurs du PT Phyto sur l'année 2020

Thème	Équipe	Besoin
Hemisynthèses in silico-guidées 5-LO/MPGEs	SONAS	Hemisynthèse
Déréplication RMN 13C/LDI MS	SONAS	Analyse
ADAPT (RFI)	SONAS	Synthèse
Projet Nat'inov	SONAS	Analyse
Développement MALDI	SONAS	Analyse
Projet DIVE (PRCI ANR)	SONAS	Synthèse
UPROAR	SONAS/IRHS-Fungisem	Analyse
BRAF (SFR)	SONAS/IRHS-Fungisem/IRHS-SMS	Quantification
Projet Aldautox	SONAS/IRHS-Fungisem	Analyse
Labcom Feed In'Tech (ANR)	SONAS/NorFeed	Analyse
Funregiox (région)	UFIP/ SONAS	Analyse
Dosage caroténoïdes	IRHS-Quarveg	Quantification

### Perspectives 2021

- Changement de responsable scientifique en 2021 : Séverine Boisard (Université d'Angers, unité SONAS)
- Organisation d'une animation autour du nouvel équipement UPLC-QTOF Waters (selon conditions sanitaires).  
Points abordés : Source ESCI et DESI (imagerie), module QTOF, Logiciel Progenesis (quantification/identification des composés dans des séries d'échantillons).



## PLATEAU TECHNIQUE

### ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

#### Responsables

##### Responsable scientifique :

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

##### Responsable technique 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. Ce Plateau Technique est ouvert en priorité aux membres de la SFR QuaSaV et à ses partenaires associés.

Le plateau technique a pour but de permettre aux équipes de la SFR d'accéder facilement à des technologies de génomique à moyen et haut débit de manière environnée ou non. Ceci permettant des études préliminaires et/ou des mises au point technologique notamment avant le passage en très 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 plus largement en séquençage afin de répondre au mieux à leurs questions biologiques.

#### Fonctionnement

Deux référents ont rejoint le plateau ANAN en 2020 : Julien Jeauffre pour les projets de RNAseq et Vincent Guerin comme référent des nouveaux broyeurs à billes moyen débit et cryogénique.

#### Principaux équipements

Le plateau ANAN met à disposition des utilisateurs des équipements dits "génériques" permettant de préparer les échantillons d'acides nucléiques (extraction, dosage, contrôle qualité...), ainsi que des équipements d'exploration de ces échantillons (séquençage, génotypage...).

La liste des équipements accessibles est disponible sur le site internet de la SFR QuaSaV, en suivant ce lien : <https://www.sfrquasav-angers.org/Plateaux-Techniques/ANAN>.

#### Faits marquants 2020 :

##### Principaux projets :

- Le plateau ANAN propose depuis plusieurs années un pipeline d'analyse de barcoding sur Miseq, gérés par Coralie Marais, référente de cette thématique pour le plateau ANAN.
- Avec l'accès facilité au séquenceur NextSeq550 du CHU d'Angers, le plateau ANAN peut maintenant proposer des **projets de séquençage** comme le RNAseq nécessitant un débit de séquençage plus important. Avec pour objectif de proposer le même niveau d'exigence que pour le pipeline Barcoding, le plateau ANAN a mis en place une procédure de prise en charge des échantillons jusqu'aux analyses primaires des données pour ces projets. Ces projets sont gérés par Julien Jeauffre, référent de cette thématique pour le plateau ANAN.



## ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

### Equipements :

Le plateau ANAN, sur la dernière tranche du CPER, a investi dans des équipements pour faciliter et améliorer la préparation des échantillons d'acides nucléiques.

- **Deux broyeurs** ont été achetés pour permettre d'augmenter le débit de préparation des échantillons ainsi que pour mécaniser cette étape pour les échantillons actuellement broyés manuellement.
  - ▶ Un broyeur à billes moyen débit, Mini G (Spex), permettant de broyer les échantillons dans des contenants adaptés au panel d'échantillons végétal rencontrés (graines, feuilles, tiges... lyophilisés, congelés...). Ce broyeur est équipé de portoirs pouvant être mis au froid pour l'utilisation de tubes de 1,5mL à 50mL et il permet également de broyer directement en plaques 96 puits.
  - ▶ Un broyeur cryogénique, Freezer Mill (Spex), permettant de broyer sous azote des échantillons difficiles à broyer (tiges, racines, fruits, graines...) en petit volume ou gros volumes. Ce broyeur permet de mécaniser des étapes réalisées jusqu'à présent manuellement au mortier pilon. Il améliore ainsi le débit de broyage ainsi que le confort, en diminuant les risques de troubles musculo-squelettiques.
- Pour étoffer son offre de service en séquençage et s'adapter au mieux aux demandes des utilisateurs, le plateau ANAN a acquis cette année un **nouveau séquenceur de paillasse à faible débit** (4M de reads) : le iSeq100 (Illumina). Ce séquenceur permet de réaliser des séquençages ciblés ou de petits génomes (bactéries, virus) avec une technologie fiable et renouvelée, un équipement portable, tout inclus dont l'utilisation a été simplifiée pour permettre une prise en main rapide, à moindre coût.

En **élargissant sa gamme de séquenceurs**, la plateau ANAN peut ainsi proposer un panel d'équipement adapté aux projets de différentes envergures :

- Séquençage de petits génomes, séquençage ciblé de gènes sur le iSeq100
- Projets de métagénomique, séquençage de petits génomes sur le Miseq
- Projets de RNAseq sur le NextSeq 550
- Projets pour compléter l'annotation structurale de génome, pour de la structuration génomique... sur le MinION.



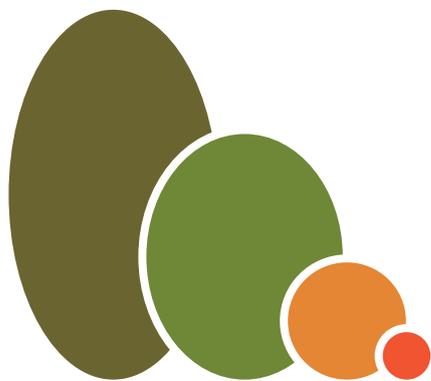
**Broyeur Cryogénique  
Freezer Mill**



**Broyeur à billes  
Mini G**



**iSeq100  
Illumina**



## ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

### Principales valorisations 2020

Citation du plateau ANAN dans les auteurs (1 publication) :

- Huet S, Pouvreau JB, Delage E, Delgrange S, Marais C, Bahut M, Delavault P, Simier P, Poulin L. Populations of the Parasitic Plant *Phelipanche ramosa* Influence Their Seed Microbiota. *Front Plant Sci.* 2020 Jul 17;11:1075. doi: 10.3389/fpls.2020.01075. PMID: 32765559; PMCID: PMC7379870.

Citation du plateau ANAN dans les remerciements (5 publications) :

- Zhou NN, Tang KX, Jeauffre J, Thouroude T, Arias DCL, Foucher F, Oyant LH. Genetic determinism of prickles in rose. *Theor Appl Genet.* 2020 Nov;133(11):3017-3035. doi: 10.1007/s00122-020-03652-7. Epub 2020 Jul 30. PMID: 32734323.
- Chesneau G, Torres-Cortes G, Briand M, Darrasse A, Preveaux A, Marais C, Jacques MA, Shade A, Barret M. Temporal dynamics of bacterial communities during seed development and maturation. *FEMS Microbiol Ecol.* 2020 Sep 23:fiaa190. doi: 10.1093/femsec/fiaa190. Epub ahead of print. PMID: 32966572.
- Marc M, Cournol M, Hanteville S, Poisson AS, Guillou MC, Pelletier S, Laurens F, Tessier C, Coureau C, Renou JP, Delaire M, Orsel M. Pre-harvest climate and post-harvest acclimation to cold prevent from superficial scald development in Granny Smith apples. *Sci Rep.* 2020 Apr 10;10(1):6180. doi: 10.1038/s41598-020-63018-3. PMID: 32277099; PMCID: PMC7148358.
- Zinsmeister J, Berriri S, Basso DP, Ly-Vu B, Dang TT, Lalanne D, da Silva EAA, Leprince O, Buitink J. The seed-specific heat shock factor A9 regulates the depth of dormancy in *Medicago truncatula* seeds via ABA signalling. *Plant Cell Environ.* 2020 Oct;43(10):2508-2522. doi: 10.1111/pce.13853. Epub 2020 Aug 23. PMID: 32683703.
- Lopez Arias DC, Chastellier A, Thouroude T, Bradeen J, Van Eck L, De Oliveira Y, Paillard S, Foucher F, Hi-brand-Saint Oyant L, Soufflet-Freslon V. Characterization of black spot resistance in diploid roses with QTL detection, meta-analysis and candidate-gene identification. *Theor Appl Genet.* 2020 Dec;133(12):3299-3321. doi: 10.1007/s00122-020-03670-5. Epub 2020 Aug 25. PMID: 32844252.

### Perspectives 2021

Trois demandes de financement via le CPER ont été validées. Les équipements devraient arriver sur le plateau ANAN au 1<sup>er</sup> semestre 2021 :

Une **animation** sous forme de séminaire est prévue le 11 juin 2021 : "Le séquençage dans tous ses états". Ce sera sous forme de retour d'expériences des utilisateurs du plateau ANAN sur différents projets de séquençage.

La mise en place de **projets de séquençage BiSulfite** (BSseq) pour l'étude de DRM (Région Différentiellement Méthylée).



## PLATEFORME

### PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

#### Responsables

##### Directeur :

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

##### Directeurs adjoints :

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

#### Présentation de la plateforme

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

- **Échelle semence** : les outils destinés au phénotypage semences sont principalement hébergés à la SNES-GEVES. L'offre est centrée sur les semences et plantules et vise à obtenir des paramètres phénotypiques caractérisant la qualité des semences.
- **Échelle plante** : les outils destinés au phénotypage des plantes entières ou partie sont principalement hébergés sur le site du campus du Végétal, dans le complexe de serres S1 et S2. Cette offre vise à proposer des outils d'analyse phénotypique des interactions hôtes-agent pathogène et la qualité des productions horticoles.

#### Principaux équipements

Voir le site de la plateforme : <https://www6.inrae.fr/phenotic/OFFRES-RESSOURCES>

**PHENOTIC**  
SEMENCES & PLANTES

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'IRHS-équipe ImHorPhen (Imagerie pour l'Horticulture et le Phénotypage), qui assure une mission de R&D au bénéfice de la plateforme, notamment via la conception de prototypes et de pipelines d'analyse pour le traitement des données de phénotypage.



# PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

## Faits marquants 2020

### Projet CPER PHENOTIC 2

Livraison de l'enceinte PHENOBEAN au phénotypage haut débit (5 mars 2020)

Outre le contrôle de la température et de l'hygrométrie, cette enceinte est équipée de projecteurs LED multispectraux qui permettent la modulation du spectre lumineux incident, ainsi que de l'intensité. A l'intérieur, deux bras robotisés déplacent des capteurs au-dessus et en dessous de la surface de culture. Le bras inférieur permet l'identification de chaque plante à l'aide d'un QR code, ainsi que la pesée de chaque pot. Le bras supérieur déplace une canule pour l'arrosage de chaque pot selon un programme spécifique et individuel. De plus, le bras supérieur est équipé de caméras RGB et fluorescence de chlorophylle permettant d'imager chaque pot de manière indépendante.

#### Livraison de nouveaux bancs de germination :

Un banc de germination identique à ceux présent au GEVES-SNES a été livré et installé en serre S2. Il doit permettre le phénotypage de la germination de semences OGM ou infectée par des organismes de quarantaine. Il est à noter qu'un second banc financé par le CPER PHENOTIC 2 a été livré sur la plateforme, dans les locaux du GEVES-SNES.

#### Livraison de réseaux de caméras :

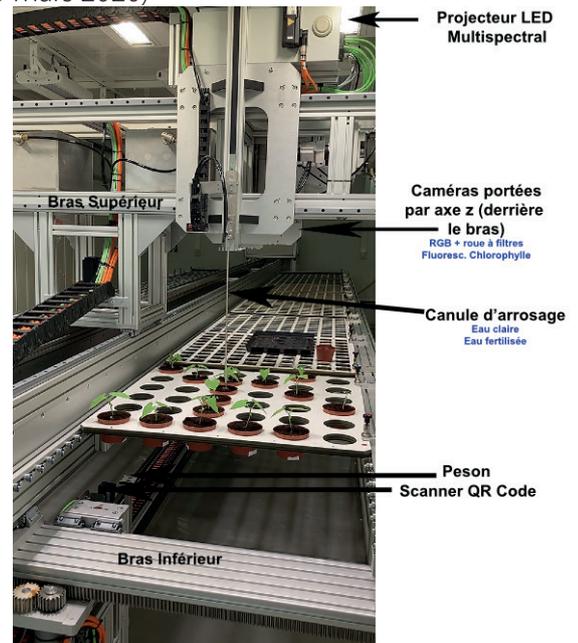
En collaboration avec l'équipe ImHorPhen, des réseaux de caméras ont été installés en serre au dessus de surfaces de culture pour imager la canopée et sa croissance verticale. Le CPER PHENOTIC 2 a permis l'achat d'un serveur de calcul pour l'analyse des données par des approches d'intelligence artificielle (développement ImHorPhen), ainsi que de serveurs de stockages mutualisés avec les serveurs de l'unité (Gestion BiDEFI).

### Principaux projets

**LABCOM MATCH (ANR) :** Suivi de cultures d'hortensia. Imagerie de profondeur pour suivre la croissance verticale des plantes et identifier des stades phénologiques d'intérêt. Détection précoce de symptômes en production. Développement d'outil de reconnaissance de spores pour la détection de la présence de pathogènes dans l'air.

**Outils informatiques Plante PHENotypage (OUPPHE) :** Un ingénieur (D. Pierre) a été recruté pour 2 ans (financement Biogenouest Ouest) pour développer un outil pour la gestion des données de phénotypage sur plantes. Ce projet est réalisé en collaboration avec BiDEFI pour intégration de l'outil dans PREMS (Plant Resource Management System), le LIMS développé au sein de l'IRHS pour le suivi des projets et des données expérimentales produites. La première année de CDD doit permettre de construire une interface pour la commande de plantes, le suivi de leur production et leur identification.

**CLIGDI :** Ce projet est destiné à l'identification de recettes climatiques adéquate pour la croissance de plantes et l'obtention de symptômes dans l'enceinte robotisée PHENOBEAN. L'environnement climatique sera cartographié afin d'appréhender leur homogénéité et d'identifier de possibles sources de variabilité dans le développement des plantes et des symptômes de maladie. Enfin, le projet doit permettre la mise en place de pipelines basiques mais robustes pour permettre l'analyse de routine des données produites (segmentation parties vertes, segmentation des symptômes).



L'enceinte robotisée PHENOBEAN 1 (livraison mars 2020)



## PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

### Une démarche de certification

Une démarche de certification sous la norme NFX50900 a été initiée en novembre 2020. L'objectif fixé est un audit blanc en juin 2022 pour une certification en février 2023.

### Valorisations 2020

#### Articles scientifiques dans des journaux à comité de lecture

- Méline V, Brin C, Lebreton G, Ledroit L, Sochard D, Hunault G, Boureau T, Belin E. "A Computation Method Based on the Combination of Chlorophyll Fluorescence Parameters to Improve the Discrimination of Visually Similar Phenotypes Induced by Bacterial Virulence Factors". *Frontiers in Plant Science*. 2020 Vol 26;11:213. doi: 10.3389/fpls.2020.00213. eCollection 2020.
- Garbez, M., Belin, E., Chéné, Yann, et al. A new approach to predict the visual appearance of rose bush from image analysis of 3D videos. *Eur. J. Hortic. Sci*, 2020, vol. 85, p. 182-190.
- ElMasry, G., ElGamal, R., Mandour, N., Gou, P., Al-Rejaie, S., Belin, E., & Rousseau, D. (2020). Emerging thermal imaging techniques for seed quality evaluation: Principles and applications. *Food Research International*, 131, 109025.
- Ducournau, S., Charrier, A., Demilly, D., Wagner, M. H., Trigui, G., Dupont, A., ... & Dürr, C. (2020). High throughput phenotyping dataset related to seed and seedling traits of sugar beet genotypes. *Data in brief*, 29, 105201.

#### Articles scientifiques dans des journaux à comité de lecture

- Approche par imagerie et modélisation du développement spatio-temporel des pathogènes à lésions croissantes. Melen Leclerc, Rémi Treilhaud, Stéphane Jumel, Cécile Thomas, Florence Val, Youcef Mammeri, Lydia Bousset, Tristan Boureau, Nicolas Parisey. 4 novembre 2020, IMABIO.
- Présentation de la plateforme PHENOTIC. Tristan Boureau, Etienne Belin. 4 novembre 2020, IMABIO. (Disponible sous forme de vidéo commentée sur <https://www.youtube.com/watch?v=YfdIYg9UXSk>).

#### Diffusion scientifique

- Contribution à plusieurs summer schools internationales sur le thème "Imaging for plant sciences" [Chania (Grèce), PuntaSampieri (Italie)].
- Chercheurs étrangers venant travailler sur la plateforme PHENOTIC : Helin DUTAGACI (3D imaging, plants).
- Depuis 2017, des formations spécifiques sont proposées via la plateforme:
  - riving and controlling greenhouses and climatic chamber
  - Image J for plant phenotyping.
  - Alternance : 1 étudiante en M2 PSI. Implication sur projet CLIGDI.

### Perspectives 2021

**Recrutement d'un Ingénieur Biologiste (IR)** Gestionnaire administratif et Responsable Qualité par l'Université d'Angers pour assurer trois missions principales : (I) Assurer la gestion administrative et financière et la coordination de la plateforme PHENOTIC ; (II) Organiser et contrôler l'utilisation collective de la plateforme PHENOTIC ; (III) Piloter la mise en place d'une démarche qualité de la plateforme.

**Certification NFX50900** : Les objectifs de la plateforme sont de réaliser un audit blanc en juin 2022 afin de préparer un audit de certification en février 2023.



## PLATEFORME

### SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

#### Responsable

Ronan Symoneaux, ESA, unité GRAPPE - 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.



Senso'Veg

La plateforme mutualisée repose sur l'expertise sensorielle portée par l'unité de recherche GRAPPE du groupe ESA.

#### Principaux équipements

Les équipements de la plateforme sont :

- Salle de dégustation à 20 box normalisée (NF ISO 8589) pour la réalisation des dégustations et 24 tablettes windows pour acquisition à l'extérieur
- Salle de Focus Group réaménagée pour une montée en gamme avec un Equipement Audio-Video pour études qualitative et observationnelle permettant l'enregistrement multivoix, streaming en live et replay
- Suite de logiciels spécialisés pour les études sensorielles (FIZZ, VISO, The Observer)
- Un panel entraîné de 18 juges spécialisée Fruits et Légumes (frais et transformés)
- 24 tablettes windows pour acquisition à l'extérieur
- Cuisine de préparation avec matériel de chauffage (four mixte, micro-onde, gaz...) et de préparation
- Un fichier consommateurs de 2000 consommateurs.

#### Faits marquants 2020

##### Une activité maintenue malgré le COVID-19 grâce à des adaptations

Les activités sensorielles nécessitant de fortes interactions avec le public et la plateforme SENSOVEG étant situé dans un établissement ERP, la gestion de la période de mars à décembre 2020 a été très particulière pour la plateforme. Néanmoins, cette période est positive car nous avons su adapter nos protocoles et imaginer de nouvelles manières de travailler qui pourront être utiliser dans l'avenir. Nous avons ainsi réalisé deux projets de caractérisation avec notre panel entraîné à domicile avec livraison des produits avant les séances. Nous avons également mis en place des études hédoniques en drive avec récupération des produits par les participants sur notre campus puis réalisation des tests à domicile. Cette pratique déjà utilisé par certains confrères permet d'envisager de nouvelles stratégies d'enquêtes auprès des consommateurs, au plus près de leur acte de consommation naturelle. Enfin, nous avons mis en place des études qualitatives en ligne par videoconférence. Malgré de nombreuses contraintes, cette approche offre quelques avantages que nous avons exploré notamment dans le cadre de la thèse de Nais Second sur les innovations en horticulture ornementale.



## SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

### Nouveaux équipements

Nous avons réceptionné notre **nouvelle salle** et notre équipement pour la montée en gamme de nos études qualitatives. **Sept cameras et trois télévisions HD, six microphones, trois haut-parleurs, une grande vitre sans tain** et la réfection de l'ensemble du mobilier et des salles permettent aujourd'hui d'entrer dans une nouvelle dimension pour les études qualitatives et observationnelles. Ces outils seront très utiles pour l'intégration des consommateurs dans les processus d'innovation alimentaire. Ainsi, par exemple, dans le cadre de la co-conception de produits, l'équipe R&D située en cuisine peut reformuler en direct les prototypes en fonction des avis et idées émises par les consommateurs en salle. L'interconnexion des outils numériques permet également une analyse sémiologique plus fine après les séances.

### 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 INNOVants issus de la filière cidricole pour diversifier l'offre, et en adéquation avec la demande des consommateurs (FranceAgriMer porté par IFPC)

MONARC : Modulation des Notes Aromatiques des Calvados (Région Normandie et Europe)

#### • Vin

SENSTAX : Développement d'une nouvelle méthode d'acquisition des données sensorielles en intégrant une taxonomie sémantique des odeurs (Thèse cofinancé ESA-RFI Food For Tomorrow)

TYPICITE LANGUEDOC : Quelles méthodologies pour étudier la typicité sensorielle à l'échelle régionale ? (Thèse financée par l'Europe et la Région Occitanie)

VSS2020 : Acceptabilité des Vins Sans Sulfites (Projet CASDAR)

#### • Protéines végétales

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)

### 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 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).



## SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

- 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 et thèse Cifre Astredhor.

### Activités de prestations

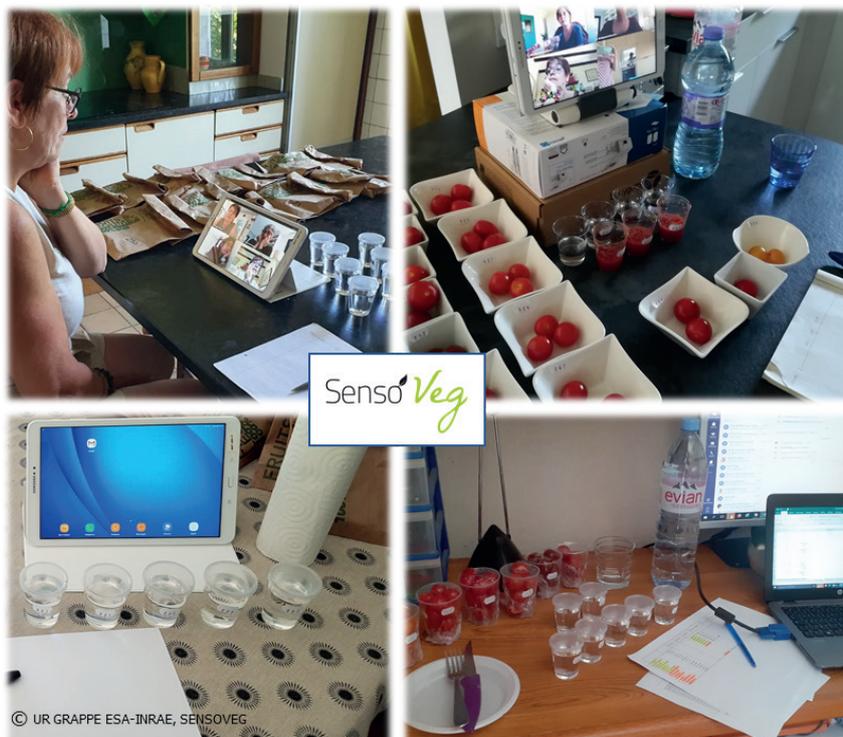
En parallèle des activités avec des équipes de recherche, la plateforme Senso'Veg réalise des prestations pour des entreprises privées. Trois types de prestations principales sont réalisés : des analyses sensorielles par panel entraîné, des tests hédoniques et des focus group par des consommateurs.

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 tomates, les melons et les pommes, puis les carottes, les poireaux, des oignons, des échalotes, le vin et le cidre mais d'autres Fruits et Légumes et d'autres produits alimentaires ont également été dégustés. Nous avons également été sollicité sur l'univers de la jardinerie et des substrats.

Notre expertise méthodologique a également été sollicité pour des consultations et formations au sein d'entreprises de la filière fruits et légumes.

### Perspectives 2021

L'objectif est de poursuivre l'ensemble de nos activités et en particulier de tester et de développer les méthodologies associées à nos nouveaux outils.



Séance de dégustation organisée à domicile avec nos panélistes



## Rubriques libres



## IRHS Institut de Recherche en Horticulture et Semences

L'année 2020 a été marquée par un coup de boutoir dans nos projets de recherche lié à la pandémie de la CoViD, et les mesures qui ont dû être prises. Cela a été la même situation pour tous les laboratoires, et la vie de nos collègues a été suffisamment durement impactée pour qu'on n'oublie pas de le rappeler. Malgré cela les membres de l'unité ont persisté dans leurs efforts de recherche avec une belle constance, et la **production scientifique a été abondante**, illustrée il est vrai par la publication de données obtenues précédemment pour la plupart.

En parallèle, étant dans l'année précédent notre **évaluation HCERES**, vague B, nous avons rédigé et remis notre rapport d'activité sur la période du contrat actuel. Cela a été également l'occasion de préparer le projet et l'évolution de la structuration de l'unité pour le prochain contrat, qui verra Marie-Agnès Jacques prendre la direction de l'IRHS à partir du début 2022. La visite de la commission HCERES est programmée du 4 au 6 octobre 2021.

L'unité va s'impliquer de plus en plus dans la mise en place et le fonctionnement de la **future Graduate School**, sur la base du projet d'EUR (parcours master-doctorat) IPSB (Integrative Plant Stress Biology), qui est en cours de finalisation avec un fort soutien de nos 3 tutelles et des collectivités territoriales, et cela malgré une absence de financement par l'ANR, tout en ayant obtenu une appréciation « A » par le jury d'évaluation du PIA3. Ce soutien sera toutefois effectif de plusieurs manières :

- D'une part le **futur CPER** qui doit être signé en 2021 va permettre à la fois de construire et réaménager des locaux, tant au niveau des laboratoires que du complexe de serres pour favoriser l'accueil de groupes d'étudiants dans ce cadre, mais également de renforcer le parc d'équipements de phénotypage et d'imagerie (programme lmax-Veg).
- D'autre part INRAE s'apprête à signer un **contrat d'objectif et de moyens de long terme avec ses partenaires du site angevin** (UA et AO), sur les thèmes de recherche de ce programme, reconnaissant ainsi la forte dynamique collective du pôle végétal, et sa

qualité. Notre site a été identifié avec quelques sites du territoire national (tous impliqués dans des Labex, Idex ou lsite) sur lesquels INRAE souhaitait s'engager fermement avec ses partenaires.

En parallèle, et cela n'a pu que renforcer cette dynamique, l'IRHS a connu un succès certain dans l'appel d'offre du **Plan Prioritaire pour la Recherche "Cultiver et Protéger Autrement"** en participant à 3 des 10 projets retenus dans l'AAP. Donc un coordonné par l'unité (M. Barret) : SucSeed (Stopping the Use of Cides in SEEDs), et des partenariats significatifs dans les projets "Cap0Phyto" et "SPECIFCS". Enfin, côté projets on notera l'obtention du projet ANR "STRESS-PEPT" (Characterization of secreted peptides involved in the response to biotic stress in Arabidopsis), coordonné par S. Aubourg, qui consacre la reconnaissance du rôle de l'unité dans ce domaine des peptides de signalisation (ou phyto cytokines) en pleine effervescence.

Toujours dans la même recherche pour trouver des solutions aux questions de la réduction des intrants, et sur un plan plus appliqué, une méthode originale de contrôle de la tavelure du pommier a fait l'objet d'un **brevet** par l'équipe EcoFun: "Discovery of Sexual Hijacking and AMLàVIE techniques as innovative biocontrol strategies". La combinaison de deux méthodes d'actions sur la phase de reproduction sexuée du pathogène ciblant les voies la défense immune de l'hôte devrait permettre de réduire significativement l'utilisation des pesticides en verger.

Enfin on retiendra la mise en place d'une collaboration étroite avec la **START-UP Green-Impulse** qui exploite maintenant un brevet issu de précédents travaux de FungiSem, et d'une nouvelle collaboration avec l'ITEPMAI qui souhaite s'investir dans les approches de génomique et qui se concrétise par l'accueil d'une Ingénieure, Berline Fopa-Fomeju, par l'équipe GDO de l'IRHS.





# IRHS

## Institut de Recherche en Horticulture et Semences

Sur le plan des **équipements**, 2020 a vu l'installation d'une **chaîne complète IRMS** dans nos locaux qui permet de réaliser des études de métabolomique-fluxomique avec suivi des isotopes naturels dans les plantes, équipement original dans le domaine végétal et qui a pu être obtenu dans le cadre du CPER actuel en soutien au projet Connect-talent IsoSeed, porté par Guillaume Tcherkez. Toujours dans le cadre du CPER l'équipement de la plateforme PHENOTIC s'est renforcé par l'**installation de plusieurs robots de phénotypage** dont les plus importants sont les complexes Phenobean I et II.

Sur le plan organisationnel, on notera quelques **restructurations d'équipes** : la grande équipe Arch'E ayant donné naissance à deux équipes STRAGENE et STREMO positionnées sur des projets complémentaires, QualiPom resserant ses projets sur l'amélioration génétique (pre-breeding et breeding) a changé de nom : VaDiPom, et ConserTo est devenue SEED (sans modification du projet d'équipe). Enfin l'IRHS a accueilli en 2020 quelques **nouveaux(lles) recruté(e)s** : Nizar Bouhlel (MC-AO, ImHorPhen), Pejman Rasti (MC-ES-AIP, ImHorPhen), Céline Moulévrier (TR-INRAE) et Patrick Ponce (TR-AO) tous les deux sur la PF PHENOTIC (adossée à l'équipe ImHorPhen), Catherine Bernard (MC UA-IUT, ResPom), Patricia Mallegol (IE-UA VALEMA), Natalia Gushinskaya (MC-UA, FungiSem), Marion Barbier (TR-INRAE, PAIGE).

### Nouveaux doctorants

Nom	Prénom	Equipe	Dir Thèse	Titre thèse
LEY-NGARDIGAL	Bera	STREMO	N. Leduc	Recherche de méthodes alternatives aux traitements nanifiants de l'Hortensia et impact sur les régulations épigénétiques du développement et de la mémoire des plantes
PAWULA	Clovis	GDO	A. Grapin	Rosa gallica et autres roses galliques, origine et rôle dans la genèse des roses cultivées
BODELOT	Antoine	ResPom	A. Degrave	Caractérisation d'une famille de gènes élicités par un SDP et effets sur feu bactérien
RAMAROSON	Marie-Louisa	QuaRVeg	M. Briard	Flavonoïdes et Résistance de la Carotte à <i>Alternaria dauci</i>
GARIN	Tiffany	EmerSys	A. Sarniguet	Impact des compétitions microbe-microbe via les T6SS sur la dynamique des assemblages microbiens des graines
GAUDIN	Charlotte	EmerSys	N. Chen	Induction de résistances à la graise commune du haricot par effecteur de type activateur de transcription
CHARPENTIER	Thomas	FungiSem	T. Guillemette	identification of chemical inhibitors of the Unfolded Protein Response
MALECANGE	Marthe	SMS/STRAGENE	J. Lothier - S. sakr - B. Teulat	Etude des effets de la Neafamine sur la physiologie de la plante en condition de stress hydrique.
ISMAILA	Lukman Enegi	ImHorPhen	D. Rousseau	Deep Learning Application in neuroimaging
LEKOUARA	Chafik	ImHorPhen	D. Rousseau	Modélisation temporelle par plantes virtuelles de la croissance, du développement et de l'architecture 3D, de plantes cultivées en milieu contrôlé.

### Nouveaux Post-doc et ATER

Nom	Prénom	Equipe	Projet
MALABARBA	Jaiana	SEED	DESWITCH
EL KHOURY	Mariette	EmerSys	Microbiote bacterien semences
RUH	Mylène	ResPom	Protect +



## EPHor Environnement physique de la plante horticole

### UP EPHOR

ENVIRONNEMENT PHYSIQUE  
DE LA PLANTE HORTICOLE

### Lancement du projet Serres + 2020-2024

Le projet de recherche précompétitive Serres+, subventionné par les régions Bretagne et Pays de la Loire sur 4 ans, propose de conduire une reconception complète du système "serre chauffée" afin de le rendre indépendant des énergies fossiles. L'objectif du projet est de modéliser des enceintes de production végétale basées exclusivement sur les besoins de la culture - en s'appuyant sur le cas de la tomate. Après une évaluation de l'intérêt de différentes méthodes de ventilation et conditionnement d'air pour mettre la culture en confort pour un coût énergétique minimum, différentes solutions et associations de solutions de conversion et de stockage d'énergie seront envisagées afin de valoriser en hiver les surplus estivaux pour éviter le recours aux énergies fossiles pour le chauffage.

En couplant ces avancées avec une recherche sur la forme et les matériaux utilisés, le projet Serres+ propose d'anticiper la création des systèmes de production de demain en recherchant une innovation de rupture.

Le projet Serres+ s'appuie sur un réseau d'acteurs du grand Ouest incluant des spécialistes des productions végétales (Végépolys Valley, UP EPHor, Ctifl, Caté, Arelpal), du conditionnement d'air et de la ventilation active (UR Opaale), des systèmes énergétiques (JA IREENA, UMR LTEN), des matériaux (UMR LGCGM), de la modélisation des systèmes (UMR GEPEA), des architectes (UMR CRENAU) et de l'évaluation de l'impact environnemental (UR Safir, UMR LGC).



#### SERRES+, des besoins des plantes à l'enceinte de production !

**SP1** : Besoins des plantes, interaction avec leur environnement et 1<sup>ers</sup> bilans énergétiques

**SP2** : Inventaire, évaluation et sélection des combinaisons de technologies\* permettant de répondre aux besoins des plantes sans énergie fossile

\* : architecture, matériaux, énergies thermique et électrique, aéronautique

**SP3** : Modélisation et évaluation holistique de ces nouvelles enceintes de production végétale

Organigramme du projet Serre+



# GRAPPE

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

L'année 2020 a été une année particulière, liée principalement aux événements sanitaires que nous vivons. Pour le GRAPPE, l'impact de cette crise a été sensible sur nos activités de recherche et de prestation (laboratoire biochimique, laboratoire sensoriel, étude terrain). Des projets de recherche ont été reportés et des études annulées. Néanmoins, les projets principaux ont été menés à bien et la production scientifique a été particulièrement bonne avec 16 publications ACL.

### Ressources humaines

Sur l'aspect des ressources humaines, nos événements ont été plus liés à des démarrages de projet, nous pouvons mettre en avant :

- Arrivée d'Alice Cadero, chargée de recherche sur le projet AVATEC pour 15 mois. Démission en septembre 2020 pour un CDI.
- Arrivée de Raphaël Suire, ingénieur de recherche sur les projets AVATEC et DOMECCO, pour 18 mois en janvier 2021.
- Contrat de 4,5 mois avec Alexandre Boissière, ingénieur de recherche sur le projet O3Vin.

### Activités doctorales

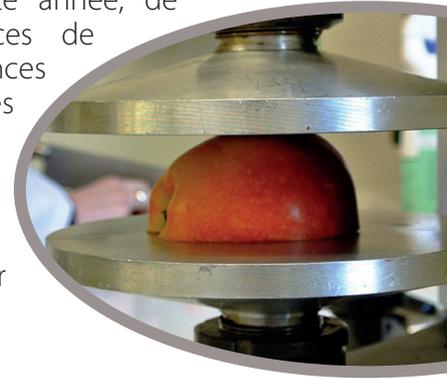
#### Thèses soutenues en 2020 :

- Chloé Thomas a soutenu sa thèse brillamment le 15 juin 2020 sur le sujet suivant : Processus d'innovation alimentaire durable intégrant les attentes des consommateurs, les impacts environnementaux, et les contraintes de l'entreprise. Cas d'innovations à base de spiruline.
- Léa Koenig a soutenu sa thèse brillamment le 16 octobre 2020 sur le sujet suivant : Démarche taxo-

#### Nouvelle thèse commencée en 2020 :

- Anaïs Segond : Caractérisation des réponses comportementales des consommateurs face aux innovations horticoles : une étude des attributs intrinsèques et extrinsèques. Thèse CIFRE, co-direction de Gaëlle Pantin-Sohier (Professeure des Universités en marketing à l'Université d'Angers – EA GRANEM) et de Ronan Symoneaux (Chargé de recherches et HDR en sciences du consommateur à l'École Supérieure d'Agricultures d'Angers – USC GRAPPE), tous deux partenaires de l'UMT STRATège.

Nous avons aussi, cette année, de nombreuses soutenances de thèse, avec 3 soutenances en 2020. Les soutenances ont été un franc succès mais posent aussi la question sur la pérennité du nombre de doctorants au GRAPPE pour 2021/2022.



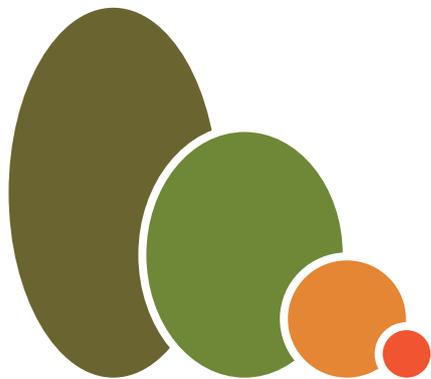
- Contrat de 5 mois avec Sidy Fall, ingénieur de recherche sur le projet O3Vin.

Pour terminer, la prise de responsabilité de Pierre Picouet comme directeur par intérim de la DREV et ensuite comme co-directeur à partir du 1/09/2020 nous a obligé à repenser l'organisation de la direction de l'unité GRAPPE pour l'année 2021/22. Cette réorganisation passe par la création du poste de responsable adjointe, confié à Chantal Maury le 1/09/2020, qui prend en charge une partie des missions du responsable de l'unité.

nomique appliquée à la structuration hiérarchique d'un lexique aromatique et application à la caractérisation sensorielle des vins par une méthode HRATA.

- Coline Leriche a soutenu sa thèse brillamment le 18 décembre 2020 sur le sujet suivant : Étude de la typicité sensorielle d'Appellations d'Origine Protégée dans un contexte régional. Cas de six AOP de vins rouges du Languedoc.

- Faustine Ruggieri, depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2020. La thèse de Faustine est dirigée par M. René Siret (ESA) et Mme Armelle Mazé (INRAE), et co-encadrée par Mme Cécile Coulon-Leroy (ESA). Son sujet de thèse est le suivant : Transition agroécologique et dynamiques d'action collective au sein des systèmes sous Indications Géographiques (IG). Analyse institutionnelle et diagnostic territorial en Pays de la Loire (TAE-PdL). co-financement ACT et Conseil Régional des Pays de la Loire. Faustine sera localisée à Paris de janvier à août 2021, puis à l'Esa à compter de septembre 2021.



# GRAPPE

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

### Coopérations internationales

- Dans le cadre de sa thèse en cotutelle avec l'Université de Lomé, Liebe Goka a passé 5 mois au GRAPPE pour des analyses biochimiques sur la tomate, du 13 janvier 2020 au 30 juin 2020.
- Pour la réalisation de son projet de thèse de doctorat en Biochimie Microbiologie, et ce, dans le cadre de la mission de coopération et d'action culturelle de l'Ambassade de France au Burkina Faso, Souleymane ZIO a passé 5 mois au GRAPPE pour la finalisation de ses travaux de recherche ayant pour sujet "Technologie et qualité des huiles alimentaires produites artisanalement : cas des antioxydants cholestérol, la contamination par les pesticides et les mycotoxines", du 3 février au 30 juin 2020.
- Nous avons accueilli également Ramla Khiari, de l'École Supérieure des Industries Alimentaires de Tunis, du 7 octobre 2019 au 31 janvier 2020, dans le cadre de ses travaux de thèse portant sur "La caractérisation physico-chimique, biochimique et sensorielle du raisin sec obtenu par différents procédés de séchage".

### Activités études/prestations

L'activité de prestation a été perturbée par la crise sanitaire que nous vivons, en particuliers les études liées à l'analyse sensorielle. Cette crise nous a aussi obligés de modifier nos protocoles de travail en rallongeant le temps de certaines études.

La cellule étude consultance du GRAPPE a tout de même répondu cette année à 44 devis d'entreprises avec un taux d'acceptation de 50 %. Les rapports d'études doivent rester confidentiels et ne seront donc pas cités.

### Lien recherche/formation

La mission des laboratoires de recherche de l'ESA et du GRAPPE est aussi de valoriser et de promouvoir nos résultats scientifiques dans les formations actuelles ou dans de nouvelles formations proposées par l'École. Comme le montre bien le tableau suivant les enseignants chercheurs, mais aussi personnel technique ont participé au montage de plusieurs

formations, comme la création du DA AGTECH (Dpt. STAB) et à la refonte des DA IDIPA (Dpt. STAB) et DA Wine Identity (Dpt. VitiOeno), à la création du Bachelior (Dpt. STAB), à la montée en croissance du BTS Viticulture Œnologie (Dpt. VitiOeno) et le passage en tout anglais du Master Vintage (Dpt. VitiOeno).



## LEVA

### Légumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie

En 2020, comme les autres unités, le LEVA s'est adapté aux restrictions liées à la pandémie de Covid-19, avec une équipe de 9 enseignants chercheurs très impliqués dans l'adaptation pédagogique pour les étudiants ingénieurs. Ainsi, les essais en serre ou en plein champ ont été réduits, au profit de la rédaction scientifique et de travaux d'amélioration ou de développements méthodologiques.

C'est avec brio que le 18 décembre 2020, Timothée Cherièr a soutenu sa thèse portant sur le contrôle des adventices et la gestion de l'azote dans les cultures associées de colza, en lien avec les projets H2020 DiverIMPACTS et DIVERSify.

Pour permettre une meilleure valorisation des résultats du projet H2020 DiverIMPACTS, le contrat de post-doc de Loïc Viguier a été prolongé de six mois, et Louis Lebrun a été recruté pour trois mois sur un contrat d'ingénieur d'études. Alexandre Lachmann, a terminé sa formation de Master en contrat Pro en juillet 2020, son stage de M2 portant sur la poursuite des essais plein champ menés dans le cadre de la thèse de Timothée Cherièr.

Anthony Kérébel a été recruté pour dix mois afin de valoriser des données d'architecture racinaires de plantes associées.

Le LEVA s'est investi pour organiser à l'ESA, en partenariat avec l'Association of Applied Biologists (AAB), la deuxième édition du colloque international "Legume Science and Practice", fin mai 2020. En raison de

la pandémie, ce colloque a été reporté au début du mois de septembre 2021. La préparation de la 3e édition des Rencontres Francophones sur les Légumineuses à l'ESA en fort partenariat avec INRAE a aussi fortement mobilisé l'équipe ; ce colloque se déroulera finalement en distanciel du 24 au 26 février 2021.

Trois nouveaux projets ont démarré en 2020, parfois avec retard, en raison de la pandémie : le projet PRIMA DiVicia, coordonné par le LEVA, visant à améliorer l'agrobiodiversité en fèves et vesces dans les systèmes céréaliers méditerranéens, l'ANR PRP SPECIFICS, dans lequel le LEVA, responsable de workpackage, s'intéresse aux modes d'insertion des légumineuses dans les systèmes de culture pour concevoir des systèmes "0 pesticides", et le CASDAR Métha-BioSol dans lequel l'unité évaluera l'effet des résidus de méthanisation sur la qualité des sols agricoles.

L'équipe de tournage de l'émission de "Silence ça pousse" est venue filmer les travaux du LEVA et les associations de cultures à la Ferme Expérimentale de Thorigné d'Anjou ; l'émission a été diffusée à deux reprises en 2020.



## Post-doc

### Post-doc prolongé en 2020 :

- Loïc Viguier – H2020 DiverIMPACTS, Leviers agronomiques pour favoriser la diversification agroécosystèmes. Référent scientifique : G. Corre-Hellou (LEVA).

### Post-doc recruté en 2020 :

- Anthony Kérébel – Développement racinaire dans les associations colza-féverole sous différents niveaux d'alimentation N et/ou S. Référent scientifique : J. Fustec (LEVA).



Associations soja\_sorgho et soja-tournesol (Thèse de T. Cherièr)



## SiFCIR

### Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs

L'année 2020 a été une année particulière marquée par la crise sanitaire. Le laboratoire SiFCIR comme les autres laboratoires a dû se réorganiser pour pouvoir reprendre puis continuer son activité après le confinement du mois de mars. Toutes ses adaptations ont demandé un travail considérable. Grâce à l'esprit d'équipe et à la capacité rapide d'adaptation de chacun, nous avons et nous faisons face à ce bouleversement. Ainsi, les activités du laboratoire ont repris sans relâche depuis le mois de mai. En décembre, Alexandre Bantz a soutenu sa thèse qui portait sur les effets des doses sublétales d'insecticide sur la blatte dans des conditions inédites.

### Nouvelles thèses commencées en 2020

Sébastien Ligonnière, Utilisation des ARN interférents dirigés contre les acteurs du système cholinergique comme bio-pesticide dans la lutte contre les insectes nuisibles, Directrice de thèse : V. Raymond, co-encadrante : D. Goven.

Au cours de l'année 2020, le laboratoire a débuté une collaboration avec le Dr AK Jones (Oxford, GB) qui a été valorisée par la publication d'un article portant sur les récepteurs ionotropes chez les blattes *P. americana* et *B. germanica*.

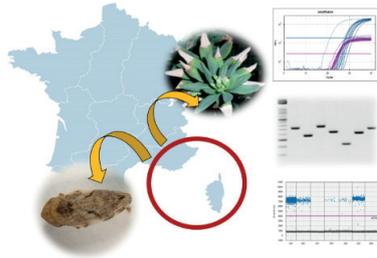




## LSV - BVO

### Bactériologie, Virologie et OGM

La technologie de PCR digitale (ddPCR), déjà utilisée pour la détection d'agents pathogènes dans des matrices végétales, a été mise au point pour quantifier *Xylella fastidiosa* dans l'insecte vecteur *Philaenus spumarius* en France. L'étude a mis en évidence des concentrations pouvant être de 105 à 1.106 cellules/individu, soit 10 à 100 fois supérieures que celles décrites jusque-là (<https://doi.org/10.1111/ppa.13248>).



**ANR Phytovirus** : Le laboratoire de la santé des végétaux (ANSES) UBVO est associé à ce nouveau projet international de recherche piloté par le CIRAD de Montpellier pour 4 ans (2020-2024). Ce projet qui associe plusieurs partenaires (INRAE Bordeaux, CIRAD LA Réunion, Tour du Valat, conservatoire des Mascariens, CNRS, Université d'Arizona, University of Cape Town et University of the western cape) vise à mieux comprendre au niveau viral les interactions existantes entre les écosystèmes naturels ou gérés et les espèces cultivées. Cette étude permettra de mieux connaître ces interactions que l'on sait être à l'origine de nombreuses émergences en cartographiant les traces génétiques des adaptations ou empreintes évolutives des virus et en caractérisant les substitutions et recombinaisons. Pour cela les équipes travailleront en simultané sur plusieurs écosystèmes naturels ou cultivés et leurs zones d'interfaces (<https://www.european-virus-archive.com/>).

ANR « Phytovirus »  
Objectif : mesurer et cartographier la diversité des phytovirus à l'échelle de l'écosystème  
Durée : 48 mois (débuté en 2020)

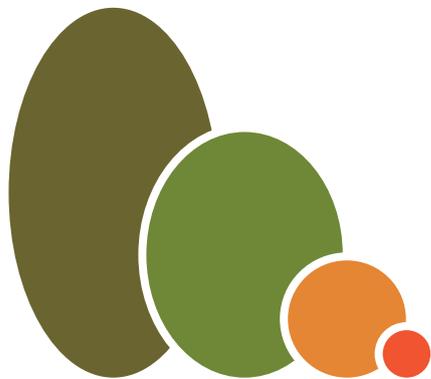


**EVA-GLOBAL** : Ce projet INFRAIA européen réunit 38 partenaires du monde entier. Le laboratoire de la santé des végétaux (ANSES) UBVO est associé à ce nouveau projet international de recherche piloté par l'université de Marseille et qui vise à proposer à la communauté scientifique et industrielle l'accès à des collections de souches virales humaines, animales ou végétales. Ces souches permettront d'anticiper de nouvelles émergences mais aussi de constituer du matériel de référence nécessaire aux expérimentations, à la recherche, à la production de nouveaux vaccins et à la validation des méthodes de détection dans les laboratoires du monde entier (<https://www.european-virus-archive.com/>).



**Le Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)**, une nouvelle émergence : Après avoir participé aux deux analyses de risque phytosanitaires organisées par l'ANSES et l'OEPP courant 2019, le laboratoire de l'unité BVO a mis en œuvre les premières analyses du ToBRFV par RT-PCR temps réel (méthode proposée par l'ISHI) sur plants de tomate mettant en évidence la présence du virus en France en février 2020. Tout en répondant aux demandes d'analyse des services officiels, le laboratoire a engagé le processus de validation de la méthode de détection sur plantes et semences. Cette méthode sensible vise à répondre aux besoins réglementaires du ministère de l'agriculture pour faire face à l'émergence de ce nouveau virus menaçant sur le territoire national.





## SONAS

### Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux

Deux évènements importants auront, pour le SONAS, marqué l'année 2020 :

**Le lancement de l'ANR PRCI DIVE** (Dual Inhibitors inspired from Vitamin E: towards natural products analogs that accumulate in immune cells and relieve inflammation by targeting mPGES-1 and 5-lipoxygenase without impeding resolution), coordonné par Jean-Jacques Helesbeux et, en dehors de l'unité de la SFR, unissant les efforts de partenaires allemands (Hopital Universitaire et Université Friedrich Schiller de Iéna), autrichiens (Center for Chemistry and Biomedicine et Paracelsus Medical University d'Innsbruck) et italiens (University of Naples Federico II, Naples). Ce consortium s'appuie également sur des travaux collaboratifs précédemment publiés [Nature Communications 9 : 3834 (2018)].

### Nouvelle thèse commencée en 2020

Manon Meunier, Déréplication par ionisation désorption laser sans matrice, assistée par RMN du 13C pour associer l'empreinte chimique d'extraits végétaux à leur bioactivité, directeur de thèse : Andréas Schinkovitz, co-encadrement Séverine Derbré.

### Thèses soutenues en 2020

Michaela Skopikova : Détection et caractérisation des marqueurs immunitaires dans le pommier par désorption-ionisation sous laser sans matrice et par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse. Direction : Andreas Schinkovitz, co-direction : Marie-Noëlle Brisset, co-encadrement : Séverine Boisard. Soutenue le 17 décembre 2020.

### HDR soutenue en 2020

Séverine Derbre : Les produits naturels au service de la santé humaine et de la croissance des végétaux. Tuteur : Pascal Richomme. Présentée le 9 octobre 2020.

L'installation en fin d'année, au sein du plateau technique PHYTO, en collaboration étroite avec la SFR MATRIX et en soutien, notamment, du LabCom ANR Feed In Tech, d'une UPLC-MS2 haute résolution de type UPLC-QTOF.



### Nouveau post-doc commencé en 2020

Khaled Al Sabil, ANR PRCI DIVE, Hémisynthèse de dérivés anti-inflammatoires de la vitamine E, référent scientifique : Jean-Jacques Helesbeux.

Chau Phi Dinh : Vers une alternative efficace aux AINS : Conception *in silico* et hémisynthèse d'analogues de la vitamine E, inhibiteurs doubles des enzymes 5-LO et mPGES-1, impliquées dans la biosynthèse de médiateurs pro-inflammatoires. Direction : Denis Séraphin, co-direction : Jean-Jacques Helesbeux. Soutenue le 15 décembre 2020.



## GEVES

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

### Le GEVES, nommé LNR Santé des végétaux

Par arrêté du 28 octobre 2020 publié au journal officiel, le ministre de l'agriculture et de l'alimentation a désigné l'Unité Technique Détection de Bioagresseurs du GEVES comme Laboratoire National de Référence (LNR) dans le domaine de la Santé des Végétaux pour cinq domaines de compétences :

- Bactéries phytopathogènes : Bactéries réglementées non de quarantaine sur semences vraies
- Virus phytopathogènes : Pepino mosaïc virus sur semences vraies
- Champignons phytopathogènes : Champignons réglementés non de quarantaine sur semences vraies, plants de fraisiers, griffes d'asperge et bulbes du genre Allium
- Nématodes phytopathogènes : Nématodes réglementés non de quarantaine sur semences vraies, plants de fraisiers et bulbes du genre Allium
- Insectes, acariens phytopathogènes et auxiliaires : Bruches réglementées non de quarantaine des semences vraies

Cette désignation comme LNR confirme le GEVES comme référence technique pour la recherche et le développement de méthodes pour la détection des organismes réglementés non de quarantaine (ORNQ) dont la matrice principale est la semence. A ce titre, outre la réalisation d'analyses officielles, il assurera un rôle de coordination, d'encadrement technique, d'animation et d'appui auprès des laboratoires agréés.

Suite à cette désignation, le GEVES a pu immédiatement être force de proposition, en proposant l'officialisation auprès du ministère en charge de l'Agriculture, d'une nouvelle méthode de détection de *Ditylenchus dipsaci* sur semences de luzerne. Cette méthode, basée sur le principe du Seed Extract PCR et associée à un nouveau test de confirmation de la viabilité des nématodes isolés, a été développée et validée dans le cadre du projet Dityluz financé par CASDAR, en partenariat avec l'UFS, la FNAMS et l'ANSES-LSV. Cette méthode a été officialisée au Bulletin Officiel du ministère en novembre 2020. Elle est désormais appliquée au GEVES.

Avec cette nouvelle mission, le GEVES contribuera encore davantage à la détection et à la prévention sanitaire, principaux objectifs de la réglementation européenne et nationale sur la santé des végétaux et éléments majeurs de la sécurité sanitaire de la filière et de la transition agroécologique.





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

### Un test PCR pour détecter le virus ToBRFV sur semences de tomate et piment

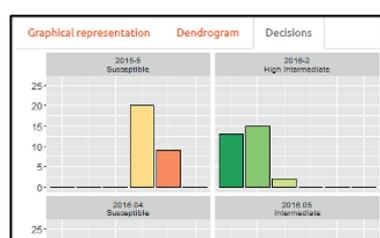
L'émergence d'un nouveau virus sur tomate et piment en France au début de l'année 2020, le ToBRFV (Tomato brown rugose fruit virus), a impacté fortement l'activité du laboratoire de pathologie du GEVES. Les équipes de BioGEVES et du laboratoire de pathologie du GEVES ont été sollicitées pour la mise au point de la méthode de détection de ce nouveau virus, en partenariat avec l'ANSES. La veille et l'anticipation des équipes du GEVES grâce à leur expertise et leur implication dans des instances internationales telles que l'ISHI-Veg ont permis de répondre à cette sollicitation d'urgence. Après le développement de la méthode, basé sur le principe de Seed Extract PCR, et la validation des critères de performance en partenariat avec l'ANSES, le GEVES a été nommé laboratoire agréé (accréditation COFRAC) par le ministère, pour les analyses officielles de ToBRFV sur semence juste

avant la période de confinement. Malgré le contexte difficile, le laboratoire a malgré tout maintenu son activité exclusivement pour la détection de



ce pathogène dans le but de répondre au besoin urgent de la filière de contrôler une grande quantité de lots de tomates. Basée également sur un prescreening rapide, cette méthode a permis d'analyser un nombre important d'échantillons puisqu'en 2020, le laboratoire a réalisé plus de 3000 analyses sur tomate et piment. Afin de faire face à une demande croissante d'analyses, un appel à candidature auprès d'autres laboratoires a été lancé par le ministère afin de pouvoir organiser la délégation des analyses.

### Pathostat, un nouvel outil statistique d'aide à la décision pour l'analyse des tests de résistance variétale aux bioagresseurs en laboratoire



L'application PATHOSTAT développée dans le cadre du projet éponyme PATHOSTAT-Veg, mené par le GEVES, l'UFS et INRAE, et subventionné par le

Ministère de l'Agriculture, a été présentée à l'Union pour la Protection des Obtentions Végétales (UPOV) en septembre 2020. Cet outil d'aide à la décision per-

met d'intégrer les statistiques en soutien à l'analyse des résultats de tests de résistances aux bio-agresseurs pour l'inscription et la protection des espèces potagères. Le but de cette application est d'améliorer et d'harmoniser les règles de décisions pour l'interprétation des résultats de biotest, afin d'obtenir une meilleure concordance entre la déclaration des déposants et les résultats de tests officiels de DHS. Cet outil est disponible sur <https://pathostat.geves.fr>.

### Proposition de priorités de recherche sur la thématique Semences et Biocontrôle

Les communautés des semences et du biocontrôle, à travers le Groupement d'Intérêt Scientifique Biotechnologie Verte et le consortium public-privé "Recherche-Développement-Innovation" sur le Biocontrôle, ont collectivement œuvré à la rédaction d'un article d'opinion, ou position paper, exprimant et détaillant les priorités de R&D&I sur cette thématique Semences et Biocontrôle.

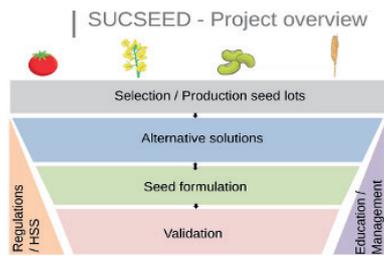
Intitulé "Towards seed protection using biocontrol

strategies" cet article est le fruit des nombreux échanges qui se sont tenus lors de cet atelier et le travail de près de 22 rédacteurs et reviewers, acteurs de la recherche publique et privée sur les semences et le biocontrôle, au rang desquels figurent le GEVES. Il pose les sujets de recherche d'un axe prometteur pour assurer le succès d'agricultures non dépendantes aux pesticides conventionnels ainsi que l'importance de concevoir des approches pluri- et transdisciplinaires pour les atteindre.



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

### Sucseed : en route vers le zéro phyto



Le projet Sucseed (Stop the use of pesticides on seed) a été retenu en 2020 au Programme Prioritaire de Recherche "Cultiver et protéger autrement". Ce projet a pour objectif de garantir la qualité des semences sans utiliser de produits phytosanitaires de synthèse, en privilégiant des solutions alternatives, afin de prévenir la transmission des pathogènes par les semences et de favoriser l'implantation des cultures de blé, colza, tomate et haricot, en limitant les fontes de semis.

Dans ce projet, le GEVES sera impliqué dans l'identification de solutions alternatives, en testant les effets de solutions de biocontrôle/biostimulants sur les pathogènes et sur la germination et la levée. Il contribuera à l'étude du déploiement des solutions alternatives sur différents génotypes et dans différents environnements, à travers le phénotypage par imagerie de la vigueur des semences en conditions contrôlées. Il participera également à l'étude du lien entre vieillissement des semences et exsudats racinaires, et à une étude socio-économique et réglementaire lié à ces innovations. Le projet Sucseed permettra de faire de la semence un acteur central de la gestion de la santé des plantes.

### Transition agroécologique : le concept d'immunité agroécologique au cœur du nouveau Réseau Mixte Technologique BESTIM

Le Réseau Mixte Technologique (RMT) BESTIM a été labélisé à l'automne 2020 pour une durée de 5 ans à compter de janvier 2021. Ce réseau, outil de partenariat scientifique et technique, a pour ambition d'adapter le concept d'immunité écologique initialement défini en santé animale aux systèmes végétaux. Il a pour objectif de trouver des solutions pour stimuler la santé des plantes et de les transférer sur le terrain en combinaison d'autres leviers existants pour développer des systèmes de cultures perfor-

mants et bas intrants. Le GEVES est membre associé au RMT BESTIM il apportera son expertise autour de la qualité des semences, des variétés et des phytostimulants afin de soutenir le développement de connaissances pour de nouveaux systèmes de cultures agroécologiques et de méthodologies d'évaluation des solutions étudiées.



### Des avancées majeures en termes de phénotypages des semences par imagerie, dans les projets Peamust et Aker

Les programmes de recherche Investissements d'avenir Aker et Peamust, d'une durée de 8 ans, se sont terminés à l'automne-hiver 2020. Ayant pour objectif l'amélioration des variétés de pois, féverole et betterave à travers le criblage de génotypes, et la mobilisation d'outils de modélisation, génotypage, et phénotypage innovants, ces projets ont fédéré une large communauté d'acteurs en recherche, développement, sélection et industrie des semences et des variétés.

Le programme de recherche Peamust a permis le développement au GEVES d'une technologie nouvelle de phénotypage par tomographie 3D à rayons X permettant de mesurer la sévérité de dégâts de bruches sur graines de féverole et de pois. Plus de

4000 échantillons de graines issues de collections ou populations expérimentées en conditions d'infestations naturelles par les bruches au champ ont ainsi été évaluées dans ce projet.

Le programme de recherche Aker a permis de mettre au point au GEVES des méthodes innovantes de phénotypage de la morphologie interne des semences, de leur germination et leur croissance précoce dans des conditions de température froide, et d'appliquer ces méthodes à haut débit sur près de 3000 génotypes de betterave sélectionnés au cours du projet. Les méthodes mises au point pourront être transférées après mise au point sur d'autres espèces végétales d'intérêt.



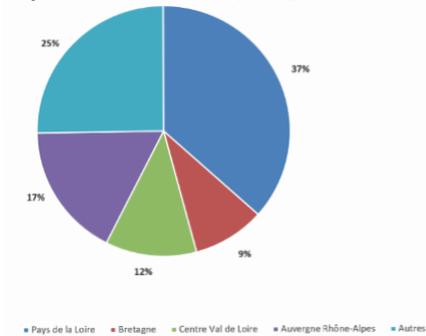
# VEGEPOLYS VALLEY

En 2020, 1 année après la fusion, VEGEPOLYS VALLEY compte 532 adhérents répartis sur tout le territoire français, avec une dominante sur son territoire d'origine.

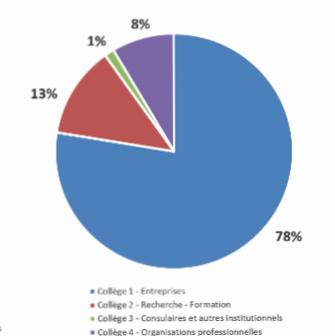
La répartition par collège montre que les entreprises représentent plus des ¾ des adhérents. Parmi ces entreprises adhérentes, la très grande majorité est constituée de TPE/PME.



Répartition des adhérents par région

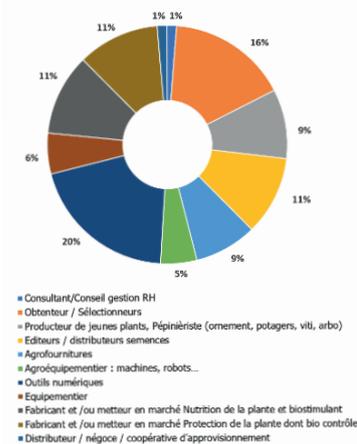


Répartition des adhérents par collège

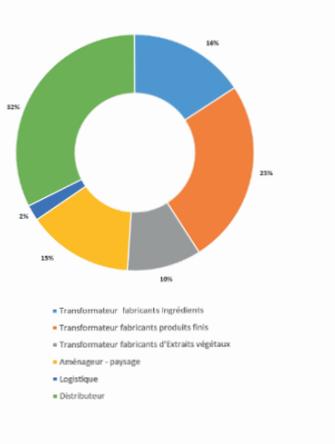


Concernant les métiers de nos adhérents, on note une très grande diversité au niveau de l'amont qui traduit la richesse du réseau. Rappelons que les entreprises de productions végétales sont surtout présentes à travers les structures représentatives professionnelles.

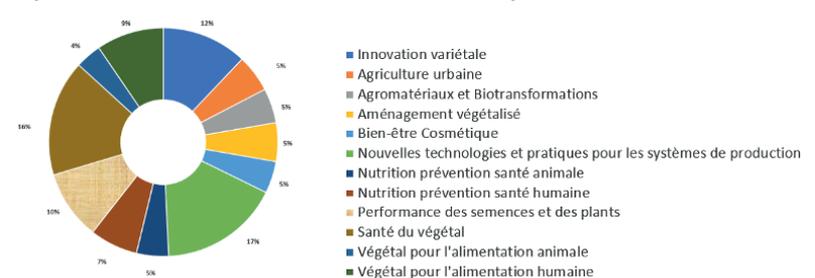
Répartition des métiers pour les adhérents en amont de la chaîne de valeur



Répartition des métiers pour les adhérents en aval de la chaîne de valeur



Répartition des adhérents selon les axes d'innovation du pôle



L'analyse au regard des axes d'innovation du pôle est aussi révélatrice de la diversité de nos membres et des attentes en termes d'innovation.



# VEGEPOLYS VALLEY

## Les actions 2020 se résument ainsi :

### Animation et mise en réseaux

- 36 animations pour 1551 participants,
- 26 webinaires pour 497 participants, soit au total 2038 participations à des événements.
- 489 rendez-vous adhérents
- 58 rendez-vous de prospects
- 416 rendez-vous one to one

### L'activité du pôle autour des projets

- 4 Concours : Organisation du Concours de start-ups de VEGEPOLYS VALLEY et contribution à Agreen Startup, Local Food Hack et Esconnect.
- 1 Appel à Idées de Projets Innovants "Réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires", en partenariat avec le Contrat de Solutions
- 9 groupes d'émergence organisés pour stimuler la construction sur des problématiques des axes d'innovation du pôle.
- 11 projets ayant émergés de ces actions ont été accompagnés
- 72 projets de RD déposés, labellisés ou soutenus,
- 91 M€ de budget global
- 32 projets financés
- 159 participations d'adhérents

### Les projets européens

Le pôle intègre une cellule Europe qui vise à accompagner les adhérents vers les projets européens d'innovation. Le pôle a ainsi développé son réseau international. Plus de 20 organismes étrangers ont sollicité VEGEPOLYS VALLEY pour des projets européens.

Un nombre croissant de projets soutenus avec des dispositifs variés et des succès à la clé :

- 22 Adhérents intégrés dans des candidatures projet
- 18 projets accompagnés jusqu'au dépôt
- 48 adhérents bénéficiaires d'un diagnostic Europe
- 5 intégrations du pôle dans des consortiums interclusters
- Déjà 2 projets PRIMA financés, LocalNutLeg porté par l'IRTA (Espagne) avec pour partenaire français l'INRAE-STLO et FlatBreadMine porté par l'INRAE en collaboration avec l'Oniris et deux entreprises françaises de solutions pour la malterie et le mélange.
- 6 Intégrations du pôle dans des consortiums de projets déposés avec pour rôle : "Actions de communication et de dissémination", en France voire à l'international et/ou "participation à l'Advisory board"

### Les projets précompétitifs :

L'Unité Précompétitive VégéUP, un service du pôle financé par les Régions Bretagne et Pays de la Loire pour anticiper collectivement les mutations

- 3 projets clos : PROGRAILIVE, 4AGEPROD et TERUNIC du programme SOS PROTEIN
- 24 partenaires pour le lancement du Projet SERRES +
- 1 nouveau projet CLIMAVEG avec 74 partenaires

### Initiatives de développement des entreprises et des filières

- 10 bulletins de veille économiques et technologique
- 1 Etude prospective "Tendances de consommation et attentes sociétales".
- 4 régions d'implantation avec un soutien aux politiques territoriales
- 1 'Parcours du déconfiné' dédié à la sortie de crise
- 1 décryptage du plan de relance pour le réseau du pôle

### L'international

- 9 webinaires
- 38 adhérents dans les groupes de travail
- 442 RDV 1to 1 internationaux
- 3 missions dématérialisées
- 1 projet international clos (TRACK)

### La formation

- 20 sujets bibliographiques proposés à des étudiants par le réseau pour faire face au confinement
- 558 étudiants aux Rencontres des Etudiants Végépolytains

### La communication

- 1 stand commun au Sival2020 avec de nombreux partenaires de la SFRet comme fil rouge la santé des plantes
- Contribution à la préparation du congrès mondial IHC 2022 notamment pour favoriser la présence de professionnels dans cet événement scientifique
- Préparation aux Rencontres du végétal de l'Institut Agro Agrocampus Ouest (reporté finalement en mars 2021)
- 5 communiqués de presse 308 articles de presse citant le pôle
- 1 nouveau mode d'interaction : le réveil végétal (podcast)

En 2021, le pôle a souhaité bâtir un programme d'actions pour favoriser une pleine coopération entre l'ensemble des typologies de membres : instituts de recherche et établissements de formation supérieure, instituts techniques, entreprises et filières.



## Structure de la SFR QuaSaV

### Unités de recherche

**IRHS** | Institut de recherche en horticulture et semences  
*Inrae, L'Institut Agro, 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  
*L'Institut Agro*

**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

### Plateaux Techniques Mutualisés

**ANAN** | Analyse des acides nucléiques

**IMAC** | Imagerie cellulaire

**COMIC** | Collection de microorganismes

**PHYTO** | Analyses phytochimiques

### Plateformes Technologiques

**PHENOTIC** | Phénotypage des semences et des plantes

**SENSOVEG** | Analyses sensorielles

### Equipes associées

**EGI de l'IGEPP** | Équipe écologie génétique des insectes  
Institut de Génétique, Environnement et Protection  
des Plantes  
*Inrae, Université Rennes 1, L'Institut Agro*

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

### Glossaire équipes IRHS

**STREMHO** | Stress Mémoire des Plantes horticoles

**STRAGENE** | Structure et Ramification en réponse à l'Interaction Génotype-Environnement

**GDO** | Génétique et Diversité des plantes Ornementales

**VADIPOM** | Valorisation de la Diversité des Pomoidées

**RESPOM** | Résistance du pommier et du poirier aux bioagresseurs

**ECOFUN** | Ecologie évolutive chez les champignons

**QUARVEG** | Qualité et résistance aux bioagresseurs des espèces légumières

**EMERSYS** | Émergence, systématique et écologie des bactéries associées aux plantes

**FUNGISEM** | Pathologies fongiques des semences

**SEED** | Semences, Environnement et Développement

**SMS** | Seedling, Metabolism and Stress

**BIDEFI** | Bioinformatics for plant Defense Investigations

**VALEMA** | VALorization of Epigenetic Marks in pLAnts

**IMHORPHEN** | Imagerie pour l'Horticulture et le Phénotypage





