

**Pôle recherche Végétal
SFR QUASAV et partenaires**



Faits marquants

2022

Structure Fédérative de Recherche Qualité et Santé du Végétal





Visualisation de la réponse immunitaire chez *Nicotiana benthamiana* en imagerie à fluorescence rouge. La mort cellulaire causée par la co-expression d'une protéine effectrice de *Venturia inaequalis* et d'un récepteur immunitaire de pommier est visualisée en jaune-vert.
© Maël Baudin, IRHS-EcoFun



Observation d'une tâche anthocyanée sur l'épiderme d'une tige d'*Hydrangea macrophylla*
Outil: Macroscopie Zeiss Axio Zoom V16 (2019) (Plateforme IMAC)
© Béra Ley-Ngardigal, équipe STREMO



Édito

Comme chaque année, nous sommes heureux de partager avec vous ce nouveau recueil des faits marquants de la SFR QuaSaV (Qualité et Santé du Végétal) pour l'année 2022. Cette année 2022 aura été le début du 4ème contrat pour la SFR avec une nouvelle équipe de direction. A travers ses missions, la SFR QuaSaV joue un rôle fédérateur important sur les thématiques du végétal sur le territoire ligérien. Ainsi, la SFR agit pour soutenir le développement des sciences du végétal spécialisé par la mutualisation des moyens à travers le soutien à 4 plateaux mutualisés (PTM) et deux plateformes (PTF) et l'incitation au développement de partenariats scientifiques et de partenariats d'application (en lien notamment avec Végépolys-Valley et les instituts techniques). La SFR organise l'animation scientifique autour de trois axes fédérateurs : i) Gestion durable de la santé des plantes, ii) Biologie, Qualité et Santé des Semences, et iii) Qualité et valorisation des productions végétales spécialisées. La SFR participe aux instances de la politique scientifique locale, régionale et inter-régionale afin de maintenir ou renforcer la cohésion et l'attractivité du pôle végétal.

L'année 2022 aura été marquée par un retour progressif à un fonctionnement 'normal' suite à la crise sanitaire. Les animations d'axe ont ainsi pu reprendre progressivement en présentiel. Ainsi l'AG de la SFR a pu se réunir le 19 mai 2022 en présence du conseil scientifique. Elle aura été l'occasion d'une présentation de l'ensemble des activités de la SFR, de projets fédérateurs et de discuter les évolutions. En 2022, la Summer School « Plant Health and quality » a eu lieu du 27 juin au 5 juillet. Soutenue par le RFI 'Objectif Végétal', elle aura permis d'accueillir 8 étudiants étrangers et de leur faire découvrir l'écosystème angevin de la recherche avec deux jours sur le projet PPR SucSeed. Les unités de la SFR ont également organisé des workshops (digital PCR, DiVicia ...). Entre 14 et 20 août 2022, s'est tenu à Angers le congrès international d'horticulture (IHC2022). Ce congrès qui a réuni 2400 participants de plus de 90 pays, qui ont pu présenter leurs travaux et échanger autour des grandes transitions auxquelles doit faire face l'horticulture aujourd'hui et dans les années à venir.

Le soutien au PTM / PTF est une des missions essentielles de la SFR. Cela passe par l'achat de nouveaux appareils, leurs maintenances, le soutien au projet CPER 2021-2026 qui vont permettre l'achat et la jouvence d'appareils sur PHENOTIC, IMAC et ANAN. De plus pour permettre aux PTM/PTF de proposer de nouveaux services aux équipes de recherche, la SFR a financé 5 projets technologiques entre les PTM/PTF et les équipes de recherche pour un montant total de 25k€. Ces projets sont en cours de réalisation.

En 2022, nous avons accueilli Christel Stien, la nouvelle ingénieure filière sur le végétal dans le cadre du projet régional Fil'Innov. Christel, en lien avec les autres tutelles, est notre interlocutrice de proximité pour renforcer les liens recherche-innovation et formation-innovation. Elle pourra également vous accompagner dans vos projets de valorisation. N'hésitez pas à la contacter. Son bureau est situé au 2ème étage de la maison de la recherche du végétal.

Le début de l'année aura été marqué par la signature de la convention d'objectifs et de moyens entre l'université d'Angers et l'INRAE pour les 5 prochaines années. Cette convention s'inscrit dans la volonté partagée de l'UA et l'INRAE de renforcer leurs collaborations sur le végétal à Angers dans les domaines de la recherche, de la formation et de l'innovation. Début 2022, Agrocampus Ouest est devenu l'Institut Agro Rennes-Angers qui est l'une des trois écoles de l'Institut Agro, établissement d'enseignement et de recherche travaillant sur l'alimentation, l'agriculture, l'environnement et le paysage.

Comme chaque année, les unités de la SFR ont accueilli des doctorant-es (13 en 2022) et des post-doctorant-es (3 en 2022). Nous tenions tout particulièrement à féliciter les 20 nouveaux docteur-es qui ont soutenu leur thèse en 2022. Le 17 novembre 2022, s'est tenue la Journée des doctorants de la SFR. Ce moment important de la SFR a permis à 8 doctorant-es en deuxième année de présenter leurs travaux. Un grand bravo à l'ensemble des doctorants et en particulier aux deux lauréates du prix de la JDD et aussi aux organisatrices de cette journée. La dynamique des unités de la SFR se mesure aussi au succès dans les projets. En 2022, 41 projets de recherche ont été déposés par les unités de la SFR. Sur les 26 dont les résultats sont connus, 21 ont été couronnés de succès. Onze projets, dont 2 ANR PERP (JACK et PULSAR), sont coordonnés par des chercheurs de la SFR.

Nous vous souhaitons une bonne lecture de ce document qui est une belle image du dynamisme et de l'implication des membres de la SFR QuaSaV.

Fabrice Foucher
Directeur de recherche INRAE
Directeur de la SFR

Valérie Raymond,
Professeure de l'Université d'Angers
Directrice adjointe de la SFR

Pascal Poupard,
Maître de conférences de l'Université d'Angers,
Directeur adjoint de la SFR

Remerciements pour le travail de mise en page à :

Mélissa Lannois
Catherine Pawlonski
Hélène Relandeau



Sommaire

AXES SCIENTIFIQUES FÉDÉRATEURS	7
AXE 1 « Gestion Durable de la Santé des Plantes »	8
Faits marquants	9
Rayonnement scientifique	13
AXE 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences »	14
Faits marquants	15
Rayonnement scientifique	19
AXE 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées »	22
Faits marquants	23
Rayonnement scientifique	28
MOYENS TECHNIQUES MUTUALISÉS	31
ANAN - ANalyses des Acides Nucléiques	32
COMIC - Collections de micro-organismes	37
IMAC - Microscopie et Imagerie Cellulaire	40
PHENOTIC - Phénotypage des Semences et des Plantes	48
PHYTO - Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires	54
SENSOVEG - Analyse Sensorielle	58
RUBRIQUES LIBRES	62
LSV-BVO – Bactériologie, Virologie et OGM	63
IRHS - Institut de Recherche en Horticulture et Semences	66
GRAPPE - Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés	69
LEVA - Légumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie	70
SIFCIR - Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs	71
SONAS - Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux	73
GEVES - Groupe d'Etude et de Contrôle de Variétés Et des Semences	74
VÉGÉPOLYS	77
GLOSSAIRE	80



AXES SCIENTIFIQUES FÉDÉRATEURS

Axe 1 « Gestion Durable de la Santé des Plantes »

Les travaux conduits dans cet axe visent à optimiser le développement des plantes dans un environnement contraint (stress biotiques et abiotiques) 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, de l'US2B, du SONAS, du LEVA, du BVO du (LSV-ANSES) et de l'équipe EGI de l'IGEPP. L'émergence de projets autour du développement de méthodes alternatives aux intrants chimiques (bio-contrôle, biostimulation, priming, pratiques culturales innovantes, agro-écologie) est structurant pour cet axe.

Axe 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences »

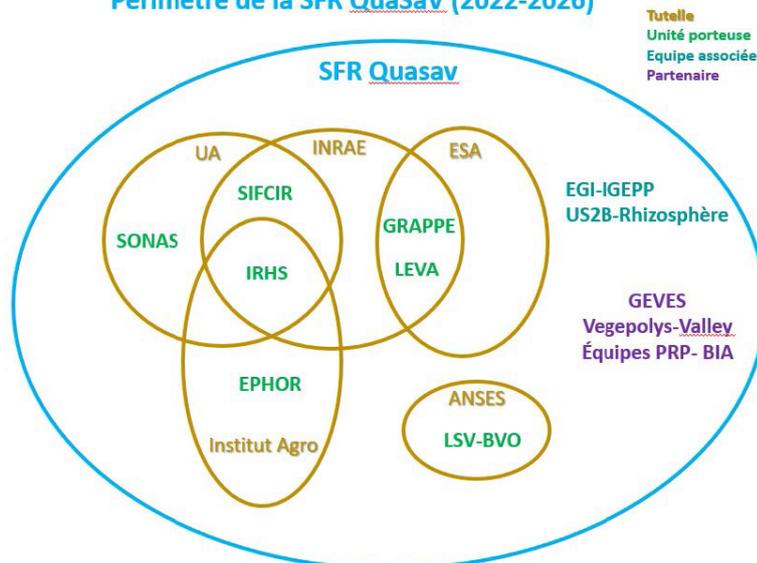
La semence est un identifiant fort des travaux de recherche conduits au sein de la SFR. Ces travaux sont menés en interaction étroite avec les partenaires locaux, que ce soient des structures d'expertises telles que le GEVES et la FNAMS, ou des entreprises semencières. Cet axe s'appuie sur les expertises des chercheurs de l'IRHS (équipes SMS, QUARVEG, SEED, EMERSYS, FUNGISEM), de l'US2B et du LEVA. La thématique structurante est la compréhension des interactions graines / microbiotes / environnement afin d'améliorer la vigueur des semences

Axe 3 « Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées »

Les travaux très fortement transdisciplinaires et multi-échelles conduits dans cet axe visent à caractériser et améliorer les qualités esthétique, organoleptique et nutritionnelle des végétaux. Cet axe s'appuie sur les expertises des chercheurs de l'IRHS-STRAGENE, QUARVEG, QUALIPOM (ex-équipes FRUITQUAL-VADIPOM), GDO, du SONAS, du GRAPPE-ESA et l'unité EPHor. De plus, cet axe contribue au développement de la thématique du végétal en milieu urbain et plus particulièrement à la production de plantes adaptées à l'environnement urbain.

Il est à noter qu'une thématique liée à la caractérisation et la valorisation de la biodiversité végétale ou microbienne peut être considérée comme transversale et incluse dans l'ensemble de ces axes.

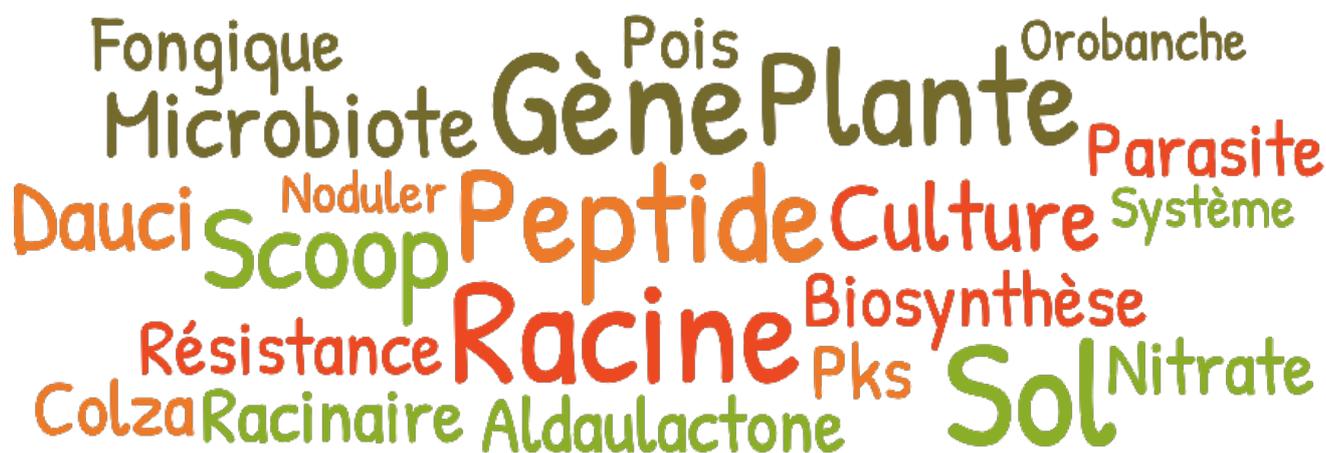
Périmètre de la SFR QuaSaV (2022-2026)





Axe 1 - Gestion durable de la santé des plantes (état sanitaire et physiologique)

Animateurs:
Valérie le Clerc (IRHS-équipe QUARVEG)
et Bruno Le Cam (IRHS-équipe ECOFUN)



Nuage de mots des pages FM de l'axe 1

2022, la crise COVID s'éloigne permettant un retour à la normale de nos activités de recherche pour tenter de répondre à la demande sociétale allant dans le sens d'une diminution sensible des intrants en agriculture... Dans ce contexte, les chercheurs des équipes impliquées dans l'Axe 1 continuent d'explorer de nouvelles pistes pour identifier des méthodes alternatives aux intrants de synthèse: participation au développement d'idéotypes de pois plus efficaces dans l'absorption de l'azote du sol pour améliorer leur compétition avec les adventices dans le cas des cultures associées ; caractérisation et compréhension du rôle du microbiote du sol dans la reconnaissance du Colza par l'orobanche rameuse ; caractérisation des rôles multiples du peptide SCOOP12 (*Serine riCh endOgenOus Peptide*) en tant que modérateur du développement racinaire et de son implication dans la résistance à certains insectes herbivores chez les Brassicacées ; identification de gènes codant pour des polycétides synthases (PKS) au sein du génome

d'*Alternaria dauci* et confirmation du statut pour deux gènes candidats liés à la biosynthèse de l'aldaulactone, toxine fongique impliquée dans l'infection de la carotte par le champignon *A. dauci*.



La présence de rhizobactéries fixatrices modifie la réponse du pois à la concentration en nitrate

De par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique dont elles restituent une part non négligeable aux systèmes de culture, les légumineuses peuvent constituer des plantes de services intéressantes, permettant des économies de fertilisants azotés. En cultures associées, elles peuvent aussi être utilisées pour le contrôle des adventices, en particulier lors de l'installation de la culture, afin d'éviter l'utilisation d'herbicides. Pourtant, les légumineuses sont de faibles compétitrices vis-à-vis des adventices, ce qui peut être en lien avec leur capacité à noduler. En effet, les Rhizobiacées n'induisent pas seulement la nodulation, mais affectent aussi la ramification des racines. Etant donné que la concentration en nitrate en tant que signal, module également l'architecture du système racinaire, nous avons cherché à savoir si les signaux dérivés des rhizobactéries interfèrent dans la signalisation du nitrate. Chez le pois, nous avons montré que les processus médiés par la concentration en nitrate ont été affectés par la présence de *Rhizobium* au niveau de l'expression des principaux acteurs du transport, notamment de la détection et de la signalisation du NO_3^- . Ainsi, en présence de *Rhizobium*, la ramification des racines en réponse à un apport de nitrate n'était plus limitée. De plus, le nombre de racines tertiaires par racine secondaire était plus élevé chez les pois infectés que chez les pois non infectés par la rhizobactérie. Le développement de ces racines tertiaires peut résulter de la gestion de compromis entre la croissance des nodosités pour la capture de l'azote et l'absorption d'eau et des autres nutriments. Les résultats de ces recherches peuvent être utiles pour la production d'outils moléculaires

pour la sélection de génotypes de pois capables de développer des systèmes racinaires plus compétitifs pour l'absorption du NO_3^- du sol pendant l'établissement des semis sans compromettre la nodulation.



Plants de pois cultivés en hydroponie sous serre, avec ou sans *Rhizobium*, à différentes concentrations de nitrate
Crédit: Laure Boeglin.

CONTACT

anis.limamis@univ-angers.fr
IRHS - équipe SMS

LE + SFR

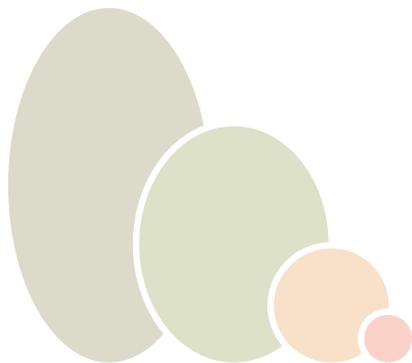
Thèse interdisciplinaire co-dirigée par deux unités de la SFR- méthode- Mise au point/validation d'une méthode de coloration des nodosités en collaboration avec le plateau IMAC

PARTENAIRES

Ces travaux ont fait l'objet d'une collaboration entre SMS-IRHS et le LEVA, dans le cadre de la thèse de Laure Boeglin co-dirigée par les deux équipes, et du Défi scientifique IMAGINE du RFI Objectif Végétal.

PUBLICATION

Boeglin, L., Morère Le-Paven, M.-C., Clochard, Th., Fustec, J., Limami, A. M. 2022. *Pisum sativum* Response to Nitrate as Affected by *Rhizobium leguminosarum*-Derived Signals. *Plants* 2, 11(15). <https://doi.org/10.3390/plants11151966>



Le microbiote du sol joue les intermédiaires dans l'interaction orobanche rameuse – colza.

L'orobanche rameuse est une plante parasite qui s'attaque au colza dans l'Ouest de la France. Elle débute son cycle parasitaire par la reconnaissance de métabolites exsudés par sa plante hôte dans la rhizosphère, une niche complexe et riche.

L'objectif de ce travail était de démontrer que le microbiote du sol contribuait à la reconnaissance de la plante hôte par la plante parasite en interférant avec les signaux allélochimiques dans le sol.

Nous avons tout d'abord réalisé la caractérisation physico-chimique et microbienne, via des approches par métabarcoding, d'un sol agricole cultivé en colza et infesté par l'orobanche rameuse. Puis, via des essais en cocultures *in vitro* et des tests en plaque avec macérats de sol, nous avons pu démontrer que le microbiote du sol avait un rôle prépondérant dans l'interaction précoce. D'une part, le microbiote du sol étudié a montré sa capacité (via son activité myrosinase) à convertir les glucosinolates, métabolites exsudés par les racines du colza, en stimulants de germination (isothiocyanates). Et d'autre part, il peut induire la formation du pré-haustorium, via la libération de facteurs d'induction de l'haustoriogenèse, et augmente donc l'agressivité du parasite.

Ce projet ouvre des pistes multiples pour comprendre s'il y a un effet géographique de l'activité simulatrice de l'orobanche par le microbiote du sol corrélé à la répartition du parasite sur colza, et pour investiguer les facteurs contribuant à ce type de sol favorable au parasitisme de l'orobanche.

Ce fait marquant offre une première description fonctionnelle de l'implication du microbiote dans l'initiation du cycle biologique de l'orobanche et pourra être intégré comme une connaissance essentielle dans les futures approches prophylactiques ou les itinéraires techniques.



Dépotage d'orobanche rameuse sur colza en coculture
Crédit : Lisa Martinez

CONTACT

lucie.poulin@univ-nantes.fr

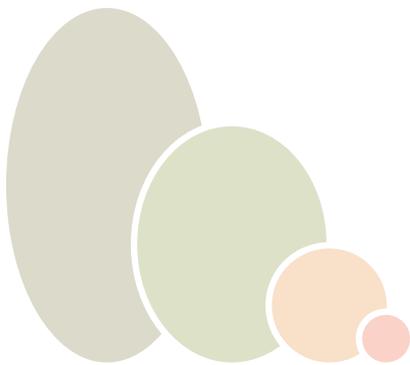
Laboratoire US2B, Nantes Université

LE + SFR

Le plateau ANAN de la SFR QUASAV a été sollicité pour la partie descriptive par métabarcoding du sol, via le séquençage Miseq des marqueurs bactériens ADNr 16S et fongiques ITS1.

PUBLICATION

Martinez L., Pouvreau J.B., Montiel G., Jestin C., Delavault P., Simier P. and Poulin L. 2022 *Soil microbiota promotes early developmental stages of *Phelipanche ramosa* during plant parasitism on *Brassica napus** Plant and soil. doi: 10.1007/s11104-022-05822-6



Faits marquants

Axe 1 - Gestion durable de la santé des plantes (état sanitaire et physiologique)

BiDefi, IRHS

Un peptide sécrété contrôle l'élongation et la division des cellules racinaires en agissant sur l'homoéostasie des espèces réactives de l'oxygène (ROS).

Les peptides sécrétés appelés phytoctokines, sont des acteurs clés dans la communication intercellulaire des plantes. Ils proviennent de la maturation d'un précurseur protéique et sont sécrétés dans l'apoplasme où ils seront perçus par des récepteurs membranaires pour déclencher des voies de signalisation spécifiques.

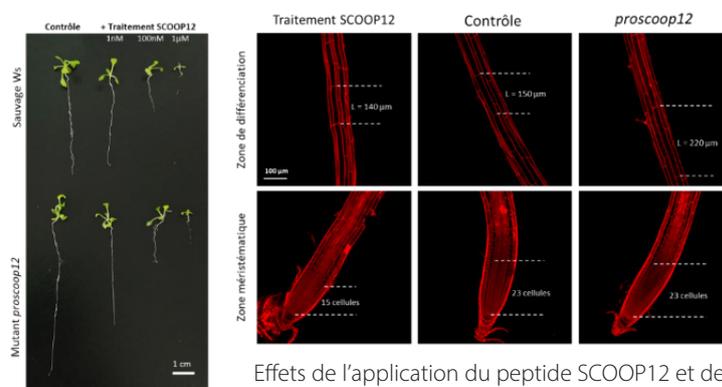
Nous avons caractérisé une nouvelle famille de phytoctokines appelée SCOOP (*Serine riCh endOgenOus Peptide*) spécifique des Brassicacées. Ces peptides sont capables d'induire la réponse immunitaire de manière dépendante des récepteurs MIK2, SERK4 et BAK1. Dans cette étude, nous explorons le rôle du peptide SCOOP12 en tant que modérateur du développement racinaire.

La mutation du gène *PROSCOOP12* conduit à des racines primaires plus longues grâce au développement de cellules différenciées plus longues. En comparaison, l'application exogène du peptide SCOOP12 raccourcit la racine en réduisant la taille du méristème et la longueur des cellules différenciées. La production d' O_2^- et d' H_2O_2 dans les extrémités racinaires varie selon l'abondance de SCOOP12 via l'activité des peroxydases. Enfin, l'application de SCOOP12 induit une reprogrammation transcriptionnelle des gènes impliqués dans l'homéostasie des ROS et l'allongement cellulaire, mais aussi une induction des gènes de la voie de biosynthèse des glucosinolates qui peut expliquer le rôle de SCOOP12 dans la résistance à certains insectes herbivores.

Ces résultats illustrent l'intérêt d'explorer la diversité encore très peu connue des peptides sécrétés. Ils pourraient être exploités dans des stratégies optimisant conjointement la qualité et la résistance des plantes cultivées.

Par leur action extracellulaire, les phytoctokines ont un

fort potentiel innovant pour le biocontrôle et ouvrent de nouvelles opportunités pour la gestion durable des cultures.



Effets de l'application du peptide SCOOP12 et de l'inactivation du gène *PROSCOOP12* sur l'allongement de la racine principale et les différentes zones de la racine

Crédit : Marie-Charlotte Guillou, IRHS.

CONTACT

sebastien.aubourg@inrae.fr

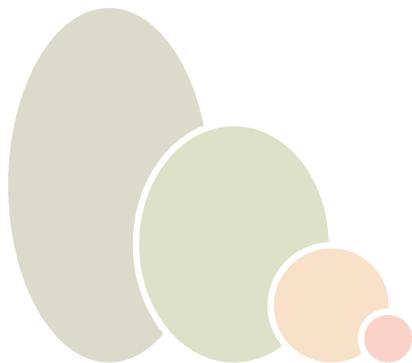
IRHS - équipe BiDefi

LE + SFR

Ces travaux pluridisciplinaires (bioinformatique, transcriptomique, biochimie, physiologie, cytologie) s'appuient sur la complémentarité des compétences de 4 équipes de l'IRHS et sur l'expertise du plateau IMAC (Imagerie Cellulaire) de la SFR.

PUBLICATION

Guillou M-C *et al.* (2022) The peptide SCOOP12 acts on reactive oxygen species homeostasis to modulate cell division and elongation in *Arabidopsis* primary root. *J. Exp. Bot.*, 73(18) :6115-6132



Faits marquants

Axe 1 - Gestion durable de la santé des plantes (état sanitaire et physiologique)

FungiSem, IRHS

L'analyse du génome d'*Alternaria dauci* révèle de nombreux gènes du métabolisme secondaire, dont ceux impliqués dans la synthèse de l'aldaulactone

Lors de travaux précédents, nous avons montré que la toxine fongique aldaulactone était impliquée à la fois dans le pouvoir pathogène d'*A. dauci* et dans la résistance de la carotte face à ce dernier. Nous nous sommes intéressés à la synthèse de cette toxine et plus généralement aux gènes codant pour des polycétides synthases (PKS).

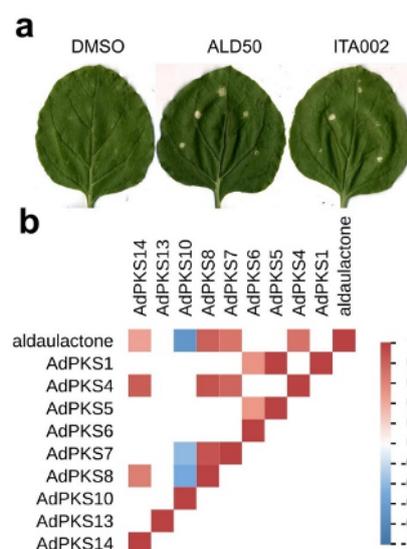
Nous avons reconstitué le génome d'*A. dauci* à partir de données obtenues au laboratoire ou déjà publiées. Le génome d'*A. dauci* contient 15 gènes de PKS et 6 de peptides synthases non ribosomiques (NRPS). Un travail de phylogénie sur différents domaines de PKS a permis de mettre en évidence la grande proximité entre deux gènes PKS d'*A. dauci* et des paires de gènes impliqués dans les voies de biosynthèse connues de molécules proches de l'aldaulactone. Nous avons pu renforcer le statut de candidat de ces gènes pour la biosynthèse de l'aldaulactone. Enfin nous avons montré que l'expression de ces deux gènes est la plus fortement corrélée avec l'accumulation d'aldaulactone au sein des cultures fongiques. Notre objectif à présent est de démontrer l'implication de ces deux gènes en produisant et étudiant des souches d'*A. dauci* mutées pour chacun d'entre eux.

Au-delà de la biosynthèse d'un composé particulier, ces résultats nous permettent de comprendre le rôle des toxines fongiques dans les mécanismes de résistance partielle, un sujet très peu étudié et potentiellement porteur de méthodes de lutte durable contre les agents pathogènes fongiques.

CONTACT

romain.berruyer@univ-angers.fr

IRHS - équipe FungiSem



(a) La toxicité des exsudats fongiques (ITA002) s'explique surtout par celle d'un composé, l'aldaulactone (ALD50). (b) La production d'aldaulactone est fortement corrélée avec le niveau d'expression des gènes *AdPKS7* et *AdPKS8* (carrés rouges au premier rang), qui sont dans un même cluster et ont de fortes homologues avec des gènes impliqués dans la synthèse de composés similaires (d'après Courtial et al, 2022).

LE + SFR

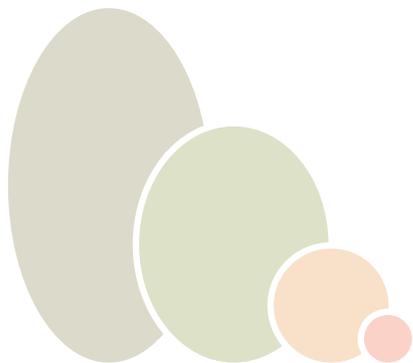
Ces travaux menés par deux équipes de l'IRHS ont bénéficié de l'expertise du SONAS et de la plateforme ANAN de la SFR QuaSav

PARTENAIRES

FungiSem, QuaRVeg, ANAN, SONAS, financements RFI (projets ResTox et AldauTox), INRAE (Projet SPE Immutox) et Université d'Angers (bourse thèse J. Courtial).

PUBLICATION

Courtial, J., Helesbeux, J-J, Oudart, H., Aligon, S., Bahut, M., Hamon, B., N'Guyen, G., Pigné, S., Hussais, A., Pascouau, C., Bataillé Simoneau, N., Berruyer, R. & Poupard, P. Characterization of NRPS and PKS genes involved in the biosynthesis of secondary metabolites in the phytopathogenic fungus *Alternaria dauci*, including the phytotoxic polyketide aldaulactone. *Scientific Reports* : 2022,12(1):8155.



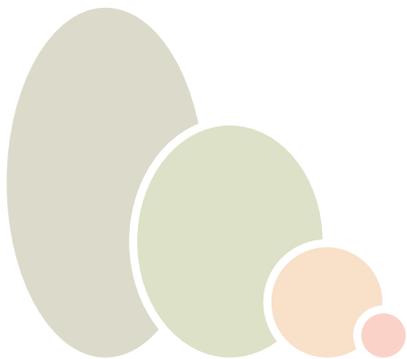
Rayonnement scientifique

Axe 1 - Gestion durable de la santé des plantes (état sanitaire et physiologique)

Animation scientifique de l'axe

Nathalie de Noblet-Ducoudré, Directrice de recherche au Laboratoire des sciences du climat (LSCE-IPSL) du CEA et spécialiste du changement climatique, des interactions entre ce changement et les écosystèmes a été invitée à donner une conférence intitulée « Dans quel contexte climatique s'inscrit l'évolution de l'agriculture ? ». Cette conférence basée sur les derniers rapports du GIEC a permis i) d'avoir une vision claire sur les effets du changement climatique sur l'agriculture et ii) d'organiser un brainstorming animé par Cécile Abalain de Végépolys permettant de faire émerger des questionnements autour de cet enjeu incontournable pour notre agriculture.

Conférence invitée donnée par Peter Balint-Kurti, chercheur à l'USDA-AR, North Carolina State University, à Raleigh sur la génétique de la résistance aux maladies et la réponse de défense du maïs.



La graine, un habitat colonisé par un taxon bactérien dominant

Contexte : Les graines représentent la source d'inoculum initiale pour le microbiote des plantes. Si la diversité du microbiote des graines d'une cinquantaine d'espèces végétales a été estimée sur des lots de semences, les variations de composition de ce microbiote entre graines d'une même plante sont à ce jour inconnues.

Objectif : La dynamique du microbiote de graines de haricot et de radis a été suivie lors de leur développement à l'échelle de la graine individuelle.

Résultats : Chaque graine est colonisée par un taxon bactérien dominant (>75% de l'abondance relative du microbiote) d'identité variable. Chez le haricot, les primo-colonisateurs sont graduellement remplacés au cours du remplissage de la graine et de la maturation. A contrario, ces primo-colonisateurs restent dominants lors du développement de la graine de radis. L'abondance initiale des taxons bactériens associés aux graines ne permet pas de prédire leurs transmissions aux plantules des deux espèces végétales étudiées. En revanche, l'identité de ces taxons est corrélée à la vigueur germinative.

Perspectives : Ces résultats permettent de sélectionner des taxons bactériens possédant un fort potentiel de transmission à et par la graine. Des souches représentatives de ces taxons sont actuellement incorporées dans des communautés bactériennes artificielles pour valider les phénotypes observés (projet SUCSEED).

Importance : Ces travaux renforcent la visibilité de l'IRHS et de la SFR QuaSav au niveau de la thématique du microbiote des graines.



Populations bactériennes associées à une graine de haricot
<https://openai.com/dall-e-2/>

CONTACT

matthieu.barret@inrae.fr

IRHS - équipe EmerSys

LE + SFR

Cette étude est le fruit d'une collaboration avec le plateau ANAN de la SFR QuaSav.

FINANCEMENT

Ce travail a été financé par deux projets ANR (ANR-17-CE20-0009-01 ; ANR-20-PCPA-0009)

PARTENAIRES

- 1 - Université Angers, Institut Agro, INRAE, IRHS, SFR QUASAV, Angers (l'équipe EmerSys de l'IRHS et le plateau ANAN de la SFR)
- 2 - Université Paris-Saclay, INRAE, MaIAGE, Jouy-en-Josas, France

PUBLICATION

Chesneau *et al.*, 2022. mBio : <https://doi.org/10.1128/mbio.01648-22>.



Réponse immunitaire non canonique lors de la germination des graines en présence d'agents pathogènes.

Contexte : La transmission d'agents pathogènes transmis par les semences par la graine en germination est responsable des principales maladies des cultures et d'une perte de rendements importants. Les réponses immunitaires de la graine, qui pourraient permettre de faire face aux envahisseurs biotiques sont à ce jour peu documentées.

Résultats : Le pathosystème *Arabidopsis thaliana/Alternaria brassicicola* a été utilisé pour décrire les réponses des graines en germination et des jeunes plantules à l'infection par ce champignon nécrotrophe. Des approches de transcriptomique ont révélé que les réponses à l'hypoxie, aux voies de l'éthylène et de l'indole étaient induites par *Alternaria* dans les graines en germination. Cependant, de manière surprenante, les réponses de défense plus classiques connues vis-à-vis des agents nécrotrophes sont sous représentées à la germination, notamment la voie de l'acide jasmonique (JA). Plus généralement les mécanismes de défense identifiés sur le modèle feuille, tels que la réponse aux espèces réactives de l'oxygène (ROS), la dégradation des protéines associées au réticulum endoplasmique (ERAD) et la mort cellulaire programmée, se sont avérées fortement induits uniquement durant le stade plantule.

Importance : Cette compréhension des mécanismes d'infection d'*Alternaria* à la semence en germination a été validée par la caractérisation phénotypique de mutants et permet d'émettre l'hypothèse d'un com-

promis entre la germination des graines, l'induction de la nécrose et la transmission d'*Alternaria* au semis. La compétition vis-à-vis des faibles taux d'oxygène à ce stade de développement, le déséquilibre des voies d'acide salicylique et d'acide jasmonique ainsi que l'implication des glucosinolates dans les symptômes de nécroses illustrent une réponse immunitaire non canonique aux premiers stades du cycle de vie de la plante.



Graine d'*Arabidopsis* infectée par un champignon phytopathogène
<https://openai.com/dall-e-2/>

CONTACT

philippe.grappin@agrocampus-ouest.fr
IRHS - équipe FungiSem

LE + SFR

Ces travaux renforcent la visibilité de l'IRHS et de la SFR QuaSaV au niveau de la thématique de la défense des graines.

FINANCEMENT

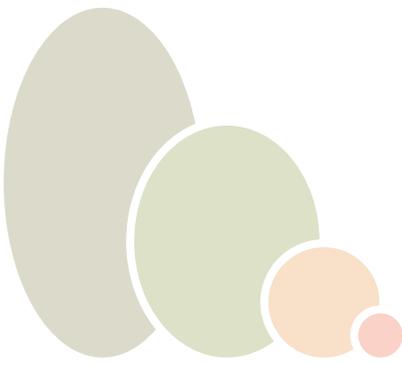
Projet GermResist (RFI stratégie internationale).

PARTENAIRES

Cette étude est le fruit d'une collaboration avec le plateau ANAN et trois équipes de la SFR QuaSaV : FungiSem, SEED et BiDefl.

PUBLICATION

Ortega-Cuadros *et al.*, 2022. Plants <https://doi.org/10.3390/plants11131708>.



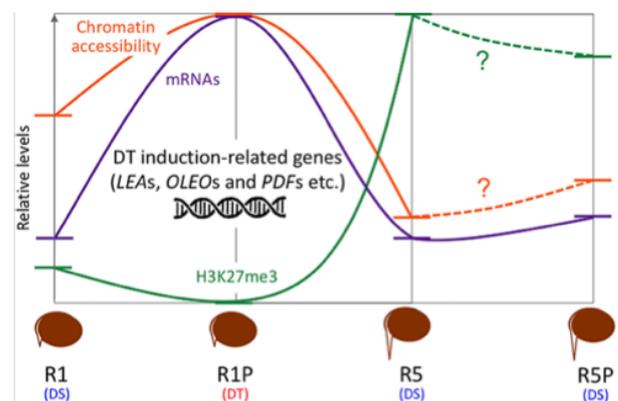
La condensation chromatidienne, un régulateur majeur de la tolérance à la dessiccation des graines

Contexte : La tolérance à la dessiccation (TD) a grandement contribué à l'adaptation des plantes terrestres à des conditions sévères de pénurie d'eau. La TD est principalement observée dans les organes reproducteurs des plantes à fleurs telles que les graines. Cette capacité à tolérer une déshydratation extrême est perdue dès la germination, sauf en cas de stress osmotique modéré où elle peut être ré-induite avant le stade racine de 1mm avant d'être définitivement perdue. Les mécanismes moléculaires qui activent/éteignent la TD dans le développement et la germination des graines n'ont pas encore été élucidés.

Objectif : Dans cette étude, notre hypothèse est que cette régulation est de nature épigénétique donc nous avons analysé la dynamique de la chromatine liée à la ré-inductibilité de la TD au début de la germination dans les racines de *Medicago truncatula*.

Résultats : L'analyse comparative du transcriptome des racines a permis d'identifier 948 gènes liés à la TD. L'état de la chromatine des régions génomiques contenant ces gènes était clairement modulé lors de l'acquisition ou de la perte de la TD. Une forte condensation de la chromatine a notamment été observée au niveau des gènes impliqués dans la TD, ce qui empêche leur expression après la germination. En conclusion, on a observé que la perte de TD était due à une forte compaction de la chromatine due aux marques histones H3K27me3, régulées par les gènes du complexe PRC2, rendant les gènes de TD non-activables et donc les plantes non tolérantes à la TD après la germination.

Importance : Cette étude a mis en évidence l'importance de régulations épigénétiques dans la TD via le complexe PRC2. La compréhension fine de ces mécanismes de régulation de la TD permettrait de manipuler ce mécanisme afin de générer des organes, voir des plantes, capables de tolérer une déshydratation extrême.



État de condensation de la chromatine pendant les phases de germination précoces dans les racines non tolérantes à la dessiccation. DS= intolérance à la dessiccation et DT = tolérance à la dessiccation. R1 (racines de 1 mm), R5 (racines de 5 mm).

CONTACT

jerome.verdier@inrae.fr

IRHS - équipe SEED

LE + SFR

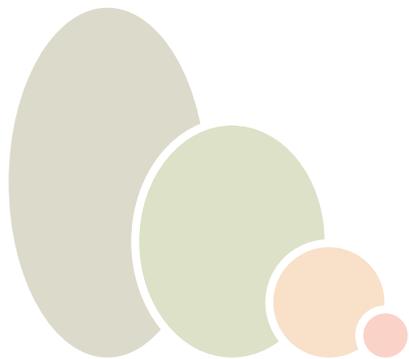
Cette étude est le fruit d'une collaboration avec les plateaux ANAN et IMAC de la SFR QuaSav.

PARTENAIRES et FINANCEMENT

Projet ANR DESWITCH ; collaboration avec l'équipe Bidefi (IRHS)

PUBLICATION

Sano N. et al. 2022. Front. Plant Sci. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1059493>.



Un nouveau dispositif *in vitro* a permis de révéler l'influence de la nutrition azotée d'*Arabidopsis thaliana* sur sa sensibilité à *Alternaria brassicicola* au stade plantule.

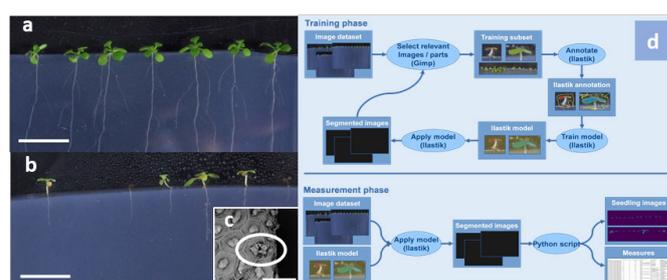
Contexte : La mise en œuvre d'études sur l'impact du milieu sur les interactions plante-pathogène au stade plantule peut être limitée par le manque de dispositif adapté à ce stade de développement, pourtant crucial pour l'installation des plantes.

Objectif : La présente étude visait à développer un système *in vitro* permettant d'étudier l'impact de la nutrition azotée des plantules d'*A. thaliana* sur leur sensibilité à *A. brassicicola*, champignon nécrotrophe transmis par les semences.

Résultat : Le dispositif consiste en des boîtes carrées placées verticalement contenant un milieu nutritif gélosé permettant la modulation des conditions d'azote. Les graines sont inoculées après semis en déposant une gouttelette de suspension conidienne. L'analyse d'images permet de suivre avec précision la croissance des plantules (parties aériennes et racinaires) et des symptômes. Grâce à ce dispositif, nous avons montré que les plantules cultivées avec 5 mM de NO_3^- sont moins sensibles au champignon que celles cultivées avec 5 mM de NH_4^+ ou 0,1 mM de NO_3^- , ce qui diffère avec ce qui a été observé avec des plantes adultes (stade rosette).

Perspectives : Le dispositif développé pourrait être adapté à d'autres pathosystèmes au stade plantule, et à l'étude de l'impact d'autres éléments nutritifs sur la sensibilité à l'agent pathogène.

Importance du FM : Le dispositif a permis de montrer que la forme d'apport de l'azote peut influencer la sensibilité d'une plante à un champignon, de façon différente au stade plantule et au stade adulte. La nutrition azotée doit donc être adaptée au stade de développement pour limiter l'impact de l'agent pathogène.



Plantules de 14 jours issues de graines traitées à l'eau stérile (a) ou inoculées avec *A. brassicicola* (b) (barres d'échelle = 1 cm). Observation au microscope électronique à balayage (MEB) de 2 conidies d'*A. brassicicola* (cercle) à la surface d'une graine inoculée (barre d'échelle = 50 μm) (c). Description du pipeline semi-automatique utilisé pour mesurer les zones saines et nécrotiques (d).

Crédits : T. Barrit et plateau IMAC.

CONTACT

beatrice.teulat@agrocampus-ouest.fr

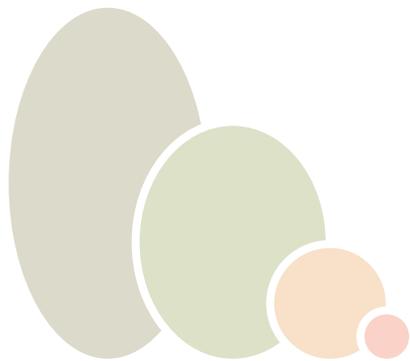
IRHS - équipe SMS

LE + SFR

Ce travail a fait appel à l'expertise de 3 équipes de l'IRHS (physiologie des graines et plantules (SMS), interactions plante x champignon pathogène (FungiSem), phénotypage automatisé par analyse d'images (ImHorPhen)), et du plateau IMAC de la SFR QuaSav (images MEB ayant contribué au choix de la méthode de contamination des graines).

PUBLICATION

Barrit T. *et al.*, 2022. Plant Methods. <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00962-3>



Rayonnement scientifique

Axe 2 - Biologie, Qualité et Santé des semences

Animation scientifique de l'axe

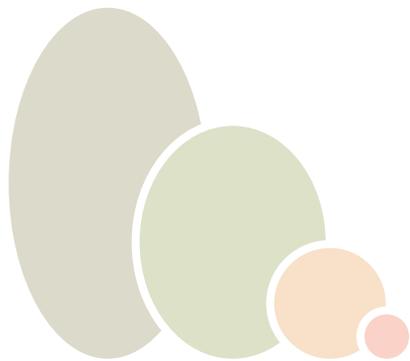
Demi-journée thématique autour de "Epigenetic regulation of seed : from development to environment" composée de quatre conférences faisant intervenir trois chercheurs de la SFR QuaSav et un conférencier invité, Daniel Bouyer (CNRS-ENS Lyon) (organisée le mardi 7 Juin 2022).

Organisation de colloque

Summer School SUCSEED : École d'été internationale de deux jours sur le thème des « alternatives aux pesticides des semences » co-financée par le projet PPR SUCSEED qui a accueilli 8 participants internationaux et 10 personnels non-permanents (contrats SUCSEED) avec des conférences de 9 intervenants académiques et 2 intervenantes d'entreprises semencières (5-6 Juillet 2022, Angers).

Invitation à des colloques

- . **J. Verdier**. Epigenetic regulation of seed germination quality traits under heat stress – Conférence internationale EpiCatch (Chania, Greece)
- . **J. Verdier**. Activation of seed defenses through integration of seed and defense priming – Conférence internationale SOL2022 (Thélassonique, Greece)
- . **J. Verdier**. Vers une meilleure tolérance à la sécheresse des plantes grâce à leurs graines ? Colloque national de la société nationale d'horticulture de France SNHF (Paris, France)
- . **M. Barret** . Processes driving microbial succession during seed development – Conférence internationale miCROPe 2022 (Vienne, Autriche).
- . **M. Simonin**. Seed microbiome - a neglected component of the phytobiome. New perspectives through a meta-analysis and the use of synthetic communities. University of Nottingham (UK)
- . **Wagner M.-H., Dupont A., Matthews S., Powell A.A., Shinohara T., Ducournau S., 2022**. Radicle emergence test can be assessed using multispectral imaging for *Brassica oleracea*. ISTA Seed Symposium (Athens, Greece).
- . **Ducournau S., Shinohara T., Matthews S., Wagner M.-H., Powell A.A., 2022**. RGB Image analyses assesses radicle emergence to predict normal germination and vigour in *Brassica* species. ISTA Seed Symposium (Athens, Greece).
- . **Julia Buitink**, Genetic control of the acquisition of seed longevity, ISTA Seed Symposium 2022, (Athens, Greece).



Rayonnement scientifique

Axe 2 - Biologie, Qualité et Santé des semences

Accueil & mobilités internationales

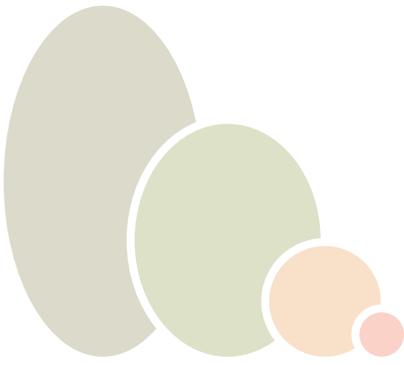
Mobilité financée par le RFI stratégie Internationale :

- **Mailen Ortega-Cuadros**, doctorante à l'Université de Antioquia (UdeA), Medellin, Colombie, 7 mois et demi de stage à l'IRHS du 15 février au 15 septembre 2022, encadrement du doctorat (tuteur P. Grappin) sur une approche RNAseq et d'analyse de données (accueil : équipe FungiSem).
- **Aida Vasco**, chercheur à l'Université de Antioquia (UdeA), Medellin, Colombie, 2 semaines en visite à l'IRHS (collab. FungiSem, P. Grappin) du 15 au 30 mai 2022, échange scientifique autour de la sensibilité des semences d'*A. thaliana* à *Alternaria brassicicola*.

Perspectives : initiation de nouveaux projets

Projets financés :

- **VIGERM** (financement ISTA, démarrage 2022). Ce projet vise à déployer des tests rapides d'évaluation de la germination et de la vigueur de semences. Il repose en partie sur des approches d'imagerie RGB et multispectrales pour évaluer, en serre ou au champ, la vigueur de 5 espèces potagères de la famille des Brassicacées : chou-fleur, chou, radis, moutarde brune et chou chinois. Des essais inter-laboratoires ont été organisés par le GEVES. L'objectif de ces essais est de s'assurer de la reproductibilité de cette mesure précoce de l'émergence de la racine obtenue manuellement ou par imagerie avant de proposer une méthode standardisée internationale. Ce projet a bénéficié d'un pilotage franco-britannique associant deux comités techniques de l'ISTA (germination et vigueur).
- **SEEDBIOProtect** (financement Plant Alliance et Consortium Biocontrôle). Le projet SeedBioProtect aborde la problématique de l'efficacité des solutions de biocontrôle pour protéger les semences contre les bioagresseurs. Il vise à décortiquer la réponse des semences traitées par des solutions de biocontrôle pendant le développement/la maturation et la germination à des échelles moléculaires et métaboliques et à des échelles physiologiques par phénotypage sous contraintes biotiques. Ce travail est réalisé sur un panel de diversité génétique chez des plantes cultivées. L'étude du microbiote et de son héritabilité seront totalement intégrées à la stratégie de protection des semences par des approches de biocontrôle. Un objectif finalisé sera de développer des outils d'évaluation robustes de l'efficacité des solutions de biocontrôle en protection de semences.
- **Projet SOYSTAINABLE** (financement France 2030). Développer les protéines végétales et diversifier les sources de protéines : vers une source de protéines de soja local et durable en alimentation humaine résiliente adaptée au changement climatique. Co-coordinatrice : Julia Buitink.



Rayonnement scientifique

Axe 2 - Biologie, Qualité et Santé des semences

Demandes de financement en cours

- **Projet Plant Alliance** (P. Grappin - IRHS) : Seed priming to promote germination and seedling establishment under adverse conditions, collab. Seed, SMS, Sorbonne Université, entreprises semencières, entreprises d'agrofournitures et du biocontrôle. Dépôt du projet le 31/03/2023.
- **Projet SeqDetectVeg** (coordination GEVES, collab. IRHS-EmerSys-FungiSem, ANAN, entreprises semencières) : Détection multi-cibles par séquençage d'agents pathogènes transmis par les semences potagères (demande financement à France Agri Mer, dépôt du projet 15/02/2023).
- **Projet ANR JCJC INHERSEED** (M. Simonin – IRHS). Le projet INHERSEED a pour objectif de caractériser la transmission verticale de micro-organismes (des plantes parentales à la descendance) de 50 espèces végétales couvrant 12 familles de la phylogénie des Angiospermes. Projet sélectionné en phase 2.
- **Projet ANR PRC ECOSEEX** (A. Sarniguet - IRHS). L'objectif principal de ce projet est d'étudier la diversité, la fonction et le rôle écologique du système de sécrétion de Type VI dans le microbiote associé aux graines, en se concentrant sur les bactéries de la famille des Xanthomonadaceae. Projet sélectionné en phase 2.

Axe 3 - Qualité et valorisation des productions végétales spécialisées



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

Environnement Rhnudx Parfum Condition Substrat été Rosier
Hydrique Bourgeon étude équipe
Gène Débourrement organique
Plante Leafamine® effet
Mécanisme culture qualité Fertilisation

Nuage de mots des pages FM de l'axe 3

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 (GDO, QuaRVeg QualiPom, VALEMA, STRAGENE, STREMH0), EPHOR, 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. Pour l'année 2022, cinq faits marquants ont été identifiés, portés par cinq équipes de l'axe 3 (EPHOR, STRAGENE, GDO, STREMH0, QuaRVeg). Certains s'inscrivent dans des collaborations avec les plateaux de la SFR tels que le plateau ANAN, pour comprendre l'histoire évolutive du gène codant l'hydrolase Nudix cytosolique (*RhNUDX1-1a*) responsable du parfum de la rose, et le plateau PHYTO en lien avec l'évaluation de l'environnement sur la qualité de la carotte. Deux

autres impliquent une équipe de l'axe 1 (SMS) par exemple pour étudier la plus-value du biostimulant la Leafamine® dans la tolérance de la laitue au stress hydrique. Le fait marquant relatif à l'efficacité d'utilisation de l'azote et du phosphore par le basilic cultivé en agriculture biologique hors sol repose sur une collaboration entre deux partenaires de l'axe 3 (EPHOR et STREMH0).

En termes de valorisation scientifique, les [enseignants-]chercheurs de deux équipes de l'axe 3 (STRAGENE, GDO) et une équipe de l'axe 1 (Fungi-Sem) ont été à l'origine d'un projet de revue parue en 2022. Le GRAPPE est également impliqué dans une autre revue.

En continuité avec la dynamique d'animation portée par l'axe 3 depuis plusieurs années, la thématique d'**animation prévue en 2023** portera sur la **place des biostimulants**, toujours dans une démarche transdisciplinaire d'amélioration de la qualité du végétal spécialisé.

La qualité de la carotte est déterminée par certains facteurs de l'environnement

Contexte : Les teneurs en sucres et en caroténoïdes sont une des composantes essentielles de la qualité nutritionnelle et organoleptique de la carotte

Objectif : Afin de maîtriser l'accumulation en ces composés, il est nécessaire de mieux connaître les facteurs de l'environnement impliqués et le niveau des interactions génotype-environnement.

Résultats : Des schémas distincts sont observés entre les sucres et les caroténoïdes. Les facteurs pédoclimatiques et les pratiques culturales sont similaires quel que soit le caroténoïde étudié, avec un effet différentiel dans l'accumulation selon les branches α et β . Un effet inverse des facteurs principaux est observé en fonction de la classe de sucres. Notre étude met en évidence l'effet limitant global de certains facteurs climatiques comme le temps d'exposition à des basses températures ou à l'humidité atmosphérique. En revanche, il a été démontré que les facteurs pédologiques augmentent la teneur en sucres et en caroténoïdes de la carotte.

Perspectives : Ces résultats ouvrent la voie à l'élucidation des mécanismes derrière les effets principaux mis en évidence.

Importance du FM : Cette étude fournit des informations utiles pour les producteurs de carotte pour adapter leurs pratiques culturales en fonction du lieu de culture pour atteindre une qualité maîtrisée des produits. Cette étude permet à l'équipe dans le cadre de la SFR de renforcer la prise en compte de l'élaboration de la qualité en lien avec des effets de l'environnement.



Exemple de capteurs à l'échelle du couvert végétal dans un champ de carotte, en complément des capteurs à l'échelle de la parcelle pour l'étude de l'effet de l'environnement sur les composantes de la qualité nutritionnelle et organoleptique du produit.

CONTACT

emmanuel.geoffriau@institut-agro.fr

IRHS

PARTENAIRES

Equipe QuaRVeg, France ; Vilmorin, Ledenon, France ; centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL), 97 Bd Pereire, 75017 Paris, France ; Rijk Zwaan Breeding BV, Fijnaart, the Netherlands ; Rijk Zwaan, Aramon, France ; INRAE, UMR Agronomie, Thiverval-Grignon, France. Les analyses métabolomiques, en particulier les évaluations de teneurs en caroténoïdes ont été faites dans le cadre de la plateforme PHYTO.

PUBLICATION

Chevalier et al., (2022) Evaluation of pedoclimatic factors and cultural practices effects on carotenoid and sugar content in carrot root. *European Journal of Agronomy*, 140, 126577. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126577>

Efficiences d'utilisation de l'azote et du phosphore par le basilic cultivé en agriculture biologique hors sol

Contexte : La production durable dans les systèmes de culture hors-sol peut être obtenue en utilisant des matériaux organiques recyclés comme constituants des milieux de culture et des engrais organiques

Objectif : Évaluer comment la plante peut adapter sa nutrition à différentes stratégies de fertilisation organique

Résultats : Les performances du basilic ont été principalement affectées par le type de substrat. Le substrat à base de tourbe a fourni des conditions optimales pour le développement des plantes. Les performances du basilic étaient particulièrement faibles lorsqu'il était cultivé dans le substrat à base de fibre de coco, de bois et d'écorces compostées en raison d'une forte compétition pour l'azote entre les micro-organismes et les racines. Le type d'engrais, sa localisation et l'inoculation de PGPR n'ont pas affecté la croissance ou la nutrition du basilic. Cette étude prouve que la fertilisation doit être gérée de manière réfléchie en fonction du substrat dans les systèmes en fertilisation biologique.

Perspectives : D'autres études sont nécessaires pour comprendre comment surmonter l'organisation de l'azote N dans les substrats en fertilisation organique.

Importance du FM : cette étude valorise les travaux de thèse de Louise Paillat, co-encadrée entre les unités **EPHor** et IRHS équipe **STREHMO**, alliant des compétences en sciences du sol et nutrition végétale. C'est une des premières études s'intéressant aux interactions substrat-plante en fertilisation organique.



Dispositif expérimental de culture du basilic, conduite dans 3 substrats organiques et avec apport d'engrais organique.

CONTACT

patrice.cannavo@agrocampus-ouest.fr

IRHS

PARTENAIRES

EPHor (Environnement Physique de la plante horticole) et l'équipe **STREHMO** (Stress Epigénétique et mémoire des plantes) de l'IRHS.

PUBLICATION

Paillat L. *et al.*, (2022). N and P use efficiencies of 1 basil cultivated in organically fertilized growing media. *Scientia Horticulturae*, doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111208

La forte expression de l'OXIDASE ALTERNATIVE 2 dans les bourgeons axillaires latents suggère son rôle clé dans le maintien de la quiescence chez le rosier

Contexte : La qualité esthétique d'une plante ornementale repose en première approche sur son schéma de ramification, lui-même tributaire du débourrement des bourgeons axillaires.

Objectif : Comprendre ce processus apparaît ainsi comme un pré-requis essentiel à l'obtention d'une plante compacte et ramifiée, correspondant aux préférences des consommateurs.

Résultats : Les travaux menés dans le cadre d'une thèse ont ouvert une nouvelle dimension dans la compréhension du processus de débourrement des bourgeons axillaires en impliquant de manière décisive le métabolisme du peroxyde d'hydrogène. Ce composé apparaît comme un agent réprimant le débourrement : abondant dans le bourgeon quiescent, il est rapidement métabolisé durant le débourrement, principalement par la voie de l'acide ascorbique/glutathion. L'application de cytokinine sur un bourgeon cultivé *in vitro* à l'obscurité (une condition défavorable à son débourrement) provoque son débourrement, accompagné d'une chute de la teneur en H₂O₂ comparable à celle observée à la lumière. Le bourgeon quiescent montre de plus une forte expression de l'oxydase alternative 2 qui induit un état énergétique bas en prélevant le flux d'électrons alimentant normalement la chaîne respiratoire mitochondriale. L'expression du gène de l'AOX2 s'effondre durant le débourrement du bourgeon axillaire. Ce sujet de thèse, en rupture par rapport aux voies métaboliques étudiées classiquement dans l'équipe, a permis de préciser le mécanisme d'action de l'H₂O₂ dans le débourrement, ce

qui a enrichi de manière importante les connaissances de processus central dans la mise en place de l'architecture des plantes. Il a également permis d'avancer des premiers éléments permettant de comprendre et de caractériser l'état de quiescence des bourgeons axillaires.

Perspectives : Ces travaux ont permis d'intégrer le métabolisme oxydatif dans le réseau d'interactions nutritionnelles et hormonales déjà connu et de pointer le mécanisme contribuant à l'établissement et au maintien de la dormance du bourgeon. Ces aspects devront à l'avenir intégrer en tant que composante essentielle le schéma synthétique du processus de débourrement.

Importance du FM : Ce travail a été récompensé par le Prix de thèse 2022 de l'Académie d'Agriculture de France (médaille d'argent Dufrenoy).



Remise du Prix de thèse 2022 de l'Académie d'Agriculture de France (médaille d'argent Dufrenoy)

CONTACT

alain.vian@univ-angers.fr

IRHS

PARTENAIRES

STREHMO (Stress Epigénétique et mémoire des plantes) et SMS (Source and sink Metabolism and Stress responses). Objectif Végétal, Recherche, Education et innovation en Pays de la Loire - ALM (Financement de la thèse)

PUBLICATION

Porcher A *et al.* High Expression of *ALTERNATIVE OXIDASE 2* in Latent Axillary Buds Suggests Its Key Role in Quiescence Maintenance in Rosebush. *Plant and Cell Physiology* 186: 910–928 (2022).

Comment duplication et transposon ont façonné le parfum des roses ?

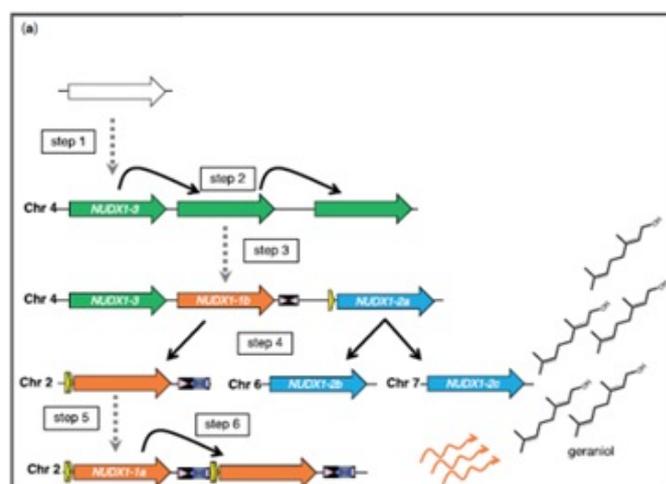
Contexte : Le parfum du rosier est une des caractéristiques importantes du rosier. Il résulte de la combinaison de plusieurs métabolites spécialisés dont le géraniol qui contribue au parfum typique de la rose. Les analyses génétiques ont permis d'identifier un gène responsable de la formation du géraniol, l'hydrolase Nudix cytosolique (*RhNUDX1-1a*), via une voie métabolique non décrite chez les végétaux.

Objectif : L'objectif de cette étude est de retracer l'histoire évolutive de ce gène chez le rosier et chez différents génomes de la famille des *Rosaceae*.

Résultats : Il existe chez les Rosacées 3 familles de *NudX1* (1-1, 1-2 et 1-3). Chez la rose, du fait d'une duplication, la famille 1-1 a donné deux sous-familles (1-1a et 1-1b). Le gène *RhNudX1-1b*, plus ancien, se serait ainsi dupliqué en trans sur le chromosome 2 proche d'un élément transposable de type *copia* pour donner *RhNudX1-1a*. Le promoteur du gène *NudX1-1a* a évolué en acquérant une nouvelle expression dans les pétales du fait de la présence d'une boîte dérivant du *copia*. Puis de nouvelles duplications en cis ont eu lieu sur le chromosome 2 pour donner un cluster de gènes *NudX1-1a*, avec un effet dose pour la synthèse de géraniol.

Perspectives : Cette connaissance fine des mécanismes d'évolution du gène *RhNudX1-1a* permettra de proposer un marqueur pour la sélection (utilisation du cluster de gènes responsable de l'expression dans les pétales).

Importance du FM : Cette étude a permis de montrer l'importance des éléments transposables dans l'évolution des génomes et plus particulièrement d'un caractère important pour le rosier. Le parfum.



Scénario d'évolution de NUDX1 dans les roses botaniques. Étape 1 : spécialisation d'un NUDX1 ancestral inconnu en NUDX1-3 ; Étape 2, cis-duplication de NUDX1-3 ; Étape 3, spécialisation de NUDX1-3 en NUDX1-1b et NUDX1-2a (au cours de cette étape, des TE ont probablement été insérés près de NUDX1-2a); Étape 4 : trans-duplications de NUDX1-1b et NUDX1-2a; Étape 5, fonctionnalisation de l'expression dans les pétales; Étape 6, cis-duplications de NUDX1-1a et augmentation du niveau d'émission de géraniol.

CONTACT

laurence.hibrand-saint-oyant@inrae.fr
IRHS-équipe GDO

PARTENAIRES

Cette étude a été réalisée au sein de l'équipe GDO, en partenariat avec la plateforme ANAN, le Laboratoire de Biotechnologies Végétales appliquées aux Plantes Aromatiques et Médicinales de l'université Saint-Etienne, l'université de Purdue (USA) et l'université d'Amsterdam (Pays-Bas).

PUBLICATION

Conart C., et al. 2022. Duplication and specialization of nudx1 in Rosaceae led to geraniol production in rose Petals. *Molecular Biology and Evolution*, 39. Voir aussi magazine Epsilon n°9, mars 2022.

La Leafamine® booste la résistance de la plante au stress hydrique

Contexte : L'utilisation des biostimulants est de plus en plus prégnante dans les systèmes de production pour leurs effets positifs sur les cultures. La leafamine® est un biostimulant à base d'acides aminés, majoritairement sous forme libre, et de petits peptides.

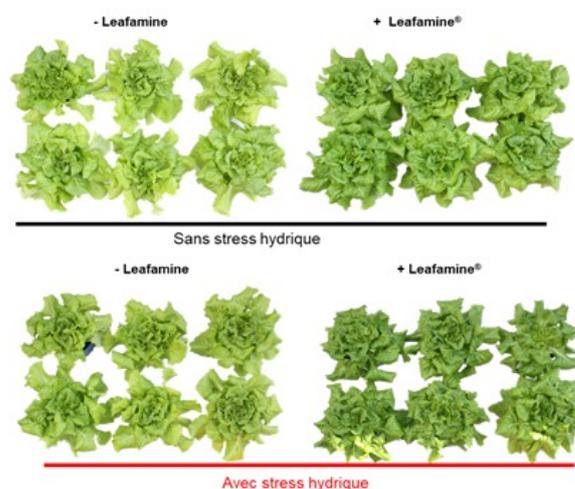
Objectif : L'effet de la Leafamine® a été démontré dans les conditions de culture en plein champ, mais son mode d'action restait jusqu'à présent inconnu. Utilisant la laitue comme modèle d'étude, ce projet vise à appréhender la plus-value physiologique de ce biostimulant en conditions de culture avec et sans contrainte hydrique.

Résultats : L'effet positif de la Leafamine® a été démontré dans nos conditions de culture avec et sans restriction hydrique. L'application de ce biostimulant s'accompagne de changements morphologiques et physiologiques très significatifs. Aussi, la biomasse foliaire, le contenu en chlorophylle, en protéines totales et en sucres solubles augmentent au détriment du contenu de l'amidon. Des analyses plus approfondies ont montré un taux élevé des molécules de défense tels que les polyamines (putrescine) et ses précurseurs, le raffinose et l'acide abscissique (ABA), en réponse à la Leafamine®, notamment en cas de stress hydrique. Ces changements seraient à l'origine de l'effet bénéfique de la Leafamine® sur la résistance de la plante au stress hydrique.

Perspectives : Approfondir les connaissances sur les mécanismes impliqués précocement dans l'effet de

la Leafamine®, sur la base du développement des approches sans *a priori* (analyse transcriptomique) et l'utilisation du modèle *Arabidopsis* pour la validation fonctionnelle.

Importance du FM : Ce projet s'appuie sur un partenariat avec l'entreprise BCF LifeScience, et deux équipes de l'IRHS (SMS et STRAGENE) et apporte pour la première fois, des connaissances fondamentales sur le mécanisme d'action de la Leafamine® dans des conditions de déficit hydrique, un des enjeux du changement climatique.



Effet de Leafamine® sur la laitue, cultivée dans différentes conditions d'irrigation.

CONTACTS

jeremy.lothier@univ-angers.fr
soulaiman.sakr@agrocampus-ouest.fr
IRHS

PARTENAIRES

Ce projet implique SMS et STRAGENE et une entreprise privée spécialisée dans les biostimulants (BCF Life Science). Il bénéficie d'un financement CIFRE (ANRT) et une collaboration avec la plateforme "Observatoire du végétal" Institut Jean-Pierre Bourgin, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Versailles, France

PUBLICATION

Malecange M. et al., Leafamine®, a Free Amino Acid-Rich Biostimulant, Promotes Growth Performance of Deficit-Irrigated Lettuce. Int. J. Mol. Sci. 2022, 23, 7338. <https://doi.org/10.3390/ijms23137338>



Animation scientifique de l'axe

En 2021 et 2022, les sessions d'animation de l'axe 3 de la SFR ont été consacrées à la place des nouveaux outils de modélisation dans la compréhension du fonctionnement du végétal spécialisé, tout en intégrant les enjeux de transitions environnementale, économique et énergétique. Pour l'année 2023, nous souhaitons mettre la lumière sur les biostimulants, un autre levier d'amélioration de la qualité de la plante. En effet, l'intégration des biostimulants dans les itinéraires culturaux est une alternative à l'utilisation des produits totalement synthétiques et s'avère très utile pour accroître la performance agronomique de la plante et sa résistance aux stress abiotiques et biotiques. Cette situation a fondé un cadre solide pour la recherche académique et appliquée. Des démarches transdisciplinaires et des technologies innovantes doivent être précocement impliqués pour en appréhender les mécanismes. En dehors des équipes de l'axe 3, cette animation pourra intéresser celles des deux autres axes de la SFR qui s'intéressent aux méthodes alternatives pour améliorer la qualité physiologique et sanitaire du végétal et contribuera à la dynamique globale de la SFR en faisant émerger des nouvelles questions et collaborations.

Action structurante

Deux projets structurants sur des thématiques différentes pour la période 2022-2025. La première action structurante réside dans le lancement du projet SAGES (Sols urbAins : quantification des émissions de Gaz à Effet de Serre et des pertes par lixiviation), dont l'ambition est de produire des connaissances nouvelles et originales pour appréhender les cycles couplés du carbone et de l'azote dans différents types d'espaces verts urbains présentant des propriétés et modes de gestion contrastés. Le projet permettra de répondre à 3 objectifs : (1) recenser les pratiques de gestion des collectivités françaises, (2) caractériser la biodégradation des matières organiques dans les espaces verts urbains, et de modéliser les émissions de GES et la décomposition de la matière organique, et (3) de développer des indicateurs environnementaux de suivi de l'impact de la gestion des espaces verts. Une de ses finalités est d'élaborer un guide sur les pratiques et modes de gestion à adopter pour maximiser le recyclage et le stockage du carbone dans les sols d'espaces verts urbains.

Le projet SAGES bénéficie du cofinancement ADEME-Région pays de Loire (2022-2025) et regroupe un consortium d'experts sur ces sujets, autant sur les questions des sols urbains (**EPHor**, porteur du projet), les cycles du carbone et de l'azote des espèces ornementales et la biodégradation des matières organiques (INRAE IRHS équipe **STREHMO**, INRAE FARE, **EPHor**), et les pratiques et modes de gestion des espaces verts urbains (Plante & Cité, Direction Parcs, Jardins et Paysages de la Ville d'Angers).

La seconde action structurante est en lien avec le lancement effectif du projet collaboratif Cannatech, "Production optimisée de cannabis médical", dont l'objectif est de comprendre les relations entre les différents stades de développement de la plante et l'accumulation des métabolites spécialisés d'intérêt thérapeutique, tout en intégrant les enjeux économiques, environnementaux et énergétiques. Ce projet implique trois partenaires de l'axe 3 de la SFR (**STRAGENE**, **SONAS**, **PHENOTIC**) et le plateau **PHYTO**, ayant des expertises complémentaires couvrant l'écophysiologie, la physiologie végétale, la modélisation, le phénotypage, l'intelligence artificielle et l'analyse des métabolites secondaires. Au-delà de son caractère fédérateur, ce projet se démarque par sa position pionnière sur cette nouvelle thématique, à fort enjeu stratégique au niveau régional, national et international. Ce projet est porté par la start-up DELLED et bénéficie d'un financement régional " PROJETS R&D COLLABORATIVE" de trois ans sur la période 2023-2025.

Reviews and Opinion Papers

- **Zhengrong Jiang, Ming Wang, Michael Nicolas, Laurent Ogé, Maria-Dolores Pérez-Garcia, Laurent Crespel, Ganghua Li, Yanfeng Ding, José Le Gourrierec, Philippe Grappin, Soulaïman Sakr** (2022) Glucose-6-Phosphate Dehydrogenases: The Hidden Players of Plant Physiology. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(24), 16128; <https://doi.org/10.3390/ijms232416128>
- **Abea, A., Gou P., Guardia, M. D., Picouet, P., Kravets, M., Banon, S., Munoz, I.** (2022). Dielectric eating: A Review of Liquid Foods Processing Applications. *Food Reviews International*. Decision on Manuscript ID LFR-2022-0067. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2092746>

Organisation de colloque/congrès

Dans le cadre du **congrès mondial de l'horticulture de l'ISHS** (International Society of Horticultural Science) qui a eu lieu à Angers en août 2022, deux entités de cet axe se sont fortement impliquées. L'équipe QuarVeg a été impliquée dans l'organisation du fait de la vice-présidence du congrès et la présidence du comité scientifique assurée par E. Geoffriau. Parmi les 25 symposia, un est directement relié à l'axe 3 de la SFR (International Symposium on Integrative approach of product quality in fruits and vegetables) et a fait l'objet d'un volume *Acta Horticulturae* publié en 2022. L'unité **EPHor** a animé deux sessions (Innovative Technologies and production strategies for sustainable controlled environment horticulture and Plant nutrition, fertilization, soil management).

Organisation du séminaire de restitution du **Projet AVATEC** : Intégration de la dimension environnementale par les acteurs des AOC viticoles et Communication auprès des consommateurs. Le 29 avril 2022, ESA Angers. Piloté par Cécile COULON-LEROY et Pierre PICOUE (GRAPPE)

Invitations à des colloques et séminaires

- **Gabrielli, M., Chretien P., Le Meurlay D., Grelier, C., Lancon-Verdier, V., Rolle L., & Maury C.** (2022). Impact of electrolyzed water applied as an alternative treatment in vineyard on grape and wine quality. ENOFORUM 2022, Congress Center of Feria de Zaragoza, SPAIN, 20-21 April 2022.
- **Leduc N.** (2022) Stress hydrique et réponses épigénétiques des plantes. Colloque Scientifique 2022 « L'eau et la plante ! ». Société Nationale d'Horticulture de France, 20 mai 2022. Communication orale. Actes du colloque scientifique SNHF Mai 2022. Ed. Société Nationale d'Horticulture de France, pp 84. ISBN/ISSN 978-2-913793-56-9.

Accueil & Mobilité internationale

Mobilités entrantes

- **Vicente Maass**, doctorant Chilien (Pontificia Universidad Catolica) a séjourné pour une durée de 3 mois (avril-juillet 2022) au sein de l'unité **EPHor**. Cette mobilité était financée par le programme Erasmus+ et avait pour objectif de découvrir les différentes techniques en lien avec la caractérisation de la biodégradation des matières organiques dans les sols. V. Maass est en première année de thèse et doit définir durant cette période son projet de thèse. La thèse est co-encadrée par P. Cannavo et E. Arellano Ogaz (**EPHor**)
- **Mme Khaoula Ben Said**, du 1er septembre au 30 novembre 2022, dans le cadre de ses travaux de thèse portant sur le thème « Caractérisation et Valorisation des ressources végétales via la formulation des produits alimentaires à hautes valeurs nutritionnelles répondant aux besoins nutritionnels identifiés d'une population cible » (**GRAPPE**)
- **Marek Czerwinski** (Université de Poznan, Pologne) –13-18 juin 2022. Rédaction d'article. Financement de l'université de Poznan (**STREMHO**)

Mobilités sortantes

- **Nathalie Leduc** (**IRHS-STREMHO**) à Université de Turin (6-8 avril 2022), Laboratoire du Pr. A Schubert. Financement RFI Objectif Végétal, MORHYS projet.

Perspectives : projets émergents

Thématique VALORISATION DES METABOLITES SPECIALISES COMME NOUVELLES GENERATIONS DE NANIFIANTS

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 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, la collaboration initiée en 2020 entre des partenaires de l'axe 3 (**STRAGENE, SONAS**) et de l'axe 1 (**SMS**) s'est poursuivie autour de l'identification de produits naturels modulateurs de la croissance pour remplacer certains intrants. La précédente validation d'un test biologique permettant de cribler produits naturels et extraits végétaux a permis en 2022 la prise de contact avec plusieurs entreprises souhaitant accéder à cet outil et l'expertise du consortium. La contractualisation des partenariats est en cours.



Moyens techniques mutualisés

La SFR met en commun des outils et compétences autour de trois plateaux techniques mutualisés et trois plateformes :



Analyse des acides nucléiques

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



Imagerie Cellulaire

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



Collection de microorganismes

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



Phénotypage des Semences et des Plantes

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



Analyses phytochimiques

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



Analyse sensorielle du Végétal

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

Chaque structure est d'une manière générale autonome d'un point de vue budgétaire pour son fonctionnement (avec des soutiens financiers potentiels de la SFR), la SFR intervenant principalement au niveau de l'acquisition, l'entretien ou la jouvence des équipements et, dans la mesure de ses possibilités, pour le recrutement de personnel dédié. La SFR se mobilise plus particulièrement pour soutenir auprès des tutelles les demandes jugées prioritaires en particulier pour renforcer les plateaux techniques mutualisés.



PLATEAU TECHNIQUE

ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques



Responsables

Responsable scientifique :

- **Sandrine Balzergue**, INRAE-IRHS, sandrine.balzergue@inrae.fr
Tél. : 02 41 22 57 77
42 rue Georges Morel, BP 60057, 49071 Beaucouzé

Responsable technique et opérationnelle :

- **Muriel Bahut**, Campus du Végétal - muriel.bahut@univ-angers.fr
Tél. : 02 41 22 56 76
42 rue Georges Morel, BP 60057, 49071 Beaucouzé

Comité de pilotage

- **Fabrice Foucher**
- **Valérie Raymond**
- **Pascal Poupard**
- **Sandrine Balzergue**
- **Muriel Bahut**

Référents, par ordre alphabétique :

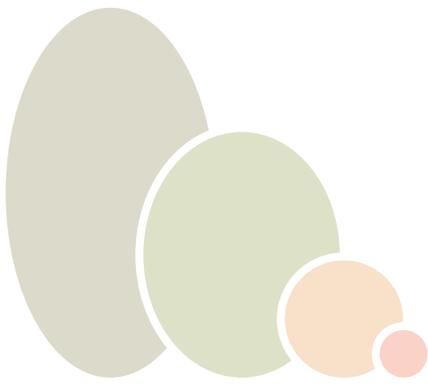
- Sandrine Balzergue (0,1 ETP) : Projets de séquençage
Annie Chastellier (0,1 ETP) : Robot de pipetage
Vincent Guérin (0,1 ETP) : Broyeurs
Laurence Hibrand - Saint Oyant (0,1 ETP) : Projets de génotypage
Julien Jeauffre (0,2 ETP) : Projets RNAseq / qPCR / Bioanalyste
David Lalanne (0,1 ETP) : qPCR / Bioanalyste
Coralie Marais (0,2 ETP) : Projets de séquençage Miseq Barcoding
Jessica Dittmer (0,1 ETP) : projets MinION

Introduction

Le plateau technique ANAN (Analyse des Acides Nucléiques) met à disposition des outils de caractérisation et d'analyse des acides nucléiques ainsi que son expertise en projets de génomique. 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 d'accéder facilement à des technologies de génomique à moyen et haut débit, de manière environnée ou non, pour des études préliminaires et/ou des mises au point technologique, notamment avant le passage en très haut débit vers des plateformes dédiées. Le plateau met également à disposition des appareils de préparation des échantillons et de contrôle qualité des acides nucléiques.

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



ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

Principaux équipements

Le plateau ANAN met à disposition des utilisateurs des équipements dits « génériques » permettant de préparer les échantillons d'acides nucléiques (broyage, 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 le lien ci-dessous.

<https://www.sfrquasav-angers.org/Plateaux-Techniques/ANAN>

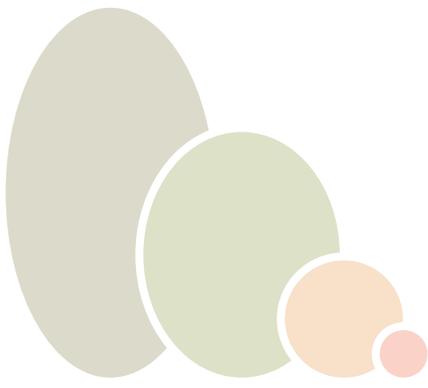
Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2022

2022	Nombre d'échantillons ou runs
Bioanalyzer	86
Broyeur Mini G	110
Covaris	23
Freezer Mill	2
ISeq	5
Minion	3
Miseq	21
Nanodrop	8368
NextSeq	3
qPCR	275
Qubit	2141
Robot de pipetage	229
Robot ideal32	26

Les utilisateurs du plateau restent des utilisateurs de proximité, principalement les équipes de la SFR QuaSaV, dont l'IRHS, l'ANSES ainsi que les partenaires historiques comme Végépolys Innovation. Plusieurs projets proviennent également des laboratoires de recherche de l'Université d'Angers (LPG et laboratoires de la SFR ICAT) pour un quart des projets.

Des entreprises privées ont sollicité le plateau pour des demandes ponctuelles sur des équipements qu'elles ne possèdent pas (nanodrop, qPCR, broyeurs) ou pour des analyses de séquençage (Astredhor).

L'utilisation de l'ensemble des appareils reste stable par rapport à l'année dernière.



ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

Une grande part des recettes du plateau ANAN proviennent des projets de séquençage réalisés sur le Miseq (séquençage métabarcoding pour 50% des recettes environ). Toutefois, cette année, de nouvelles demandes sont venues enrichir les analyses de séquençage. Nous avons notamment participé à un projet avec l'ANSES pour l'identification de virus phytopathogènes par séquençage sur iSeq100 et/ou Miseq et pour lequel l'ANSES a développé les étapes de la procédure de préparation de la librairie jusqu'au pipeline d'analyse (eVIDances). L'année 2022 a également permis d'éprouver la procédure RNAseq sur champignons (*Trichoderma*) avec un séquençage réalisé sur le NextSeq de la Plateforme PACEM de la SFR ICAT (Université d'Angers). Nous avons également participé à un run test sur Minlon pour réaliser du séquençage d'amplicons sur un gène de grande taille (7kb) dans le but d'identifier du polymorphisme avec l'équipe du CRCINA de la SFR ICAT.

Les dépenses du plateau ANAN sont fortement liées à l'achat des consommables associés aux appareils ainsi qu'aux réactifs nécessaires aux analyses de séquençage.

Les équipements ayant été financés cette année sur le budget propre de la SFR ont permis de s'équiper en pipettes multicanaux pour dédoubler des postes de travail en vue d'accueillir des étudiants en stage à la rentrée 2023, « d'upgrader » la carte graphique du PC Minion pour augmenter la vitesse de basecalling lors du séquençage et de changer les batteries des onduleurs du Miseq et du Minlon.

Il y a eu très peu de pannes cette année sur le parc des appareils du plateau ANAN. Seuls les leviers de serrage du broyeur MiniG ont dû être changés suite à une usure des joints.

Nous avons pu cette année réaliser la maintenance du robot de pipetage zéphyr (changement des joints de la tête de pipetage) et nous avons également effectué une maintenance de contrôle sur le lecteur de plaques Fluostar. Nous avons investi dans l'achat d'une plaque d'évaluation pour ce même appareil, nous permettant, par la suite, de réaliser les contrôles en interne sur l'appareil et ainsi d'espacer les maintenances externes.

Nous avons également effectué la maintenance et le contrôle internes des deux nanodrops.



ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

Faits marquants 2022

Projets & Personnes :

- Nous avons accueilli au sein du plateau ANAN une nouvelle référente : **Jessica Dittmer**, CR de l'équipe EmerSys qui s'occupera des projets de séquençage utilisant la technologie Minlon de chez Oxford Nanopore,
- Le projet DéFi (Détection et identification de *Fusarium* sur blé par technologie de séquençage en iseq100) a été soutenu par la SFR QUASAV dans le cadre des appels à projets techniques de la SFR. Il est porté par le plateau ANAN en collaboration avec le GEVES et l'équipe EmerSys (IRHS).

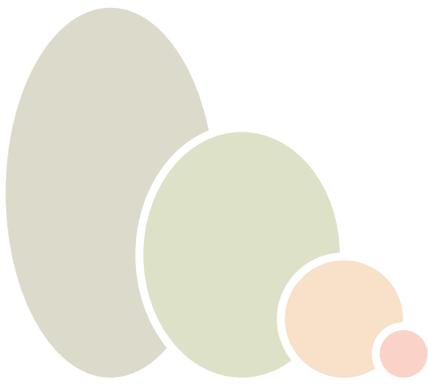
Équipements :

Le plateau ANAN a investi dans des équipements pour faciliter et améliorer la préparation et le séquençage des échantillons d'acides nucléiques :

- Pour remplacer notre appareil de séquençage vieillissant, le plateau ANAN a acquis un nouvel appareil de séquençage : un Miseq de la société Illumina,
- Le plateau ANAN a réhabilité et mis en conformité un lecteur de plaque (**Fluostar, BMG Labtech**) pour le dosage des ADN/ARN/protéines, il est maintenant disponible pour les utilisateurs du plateau.

Animations :

En partenariat avec l'Université d'Angers et l'entreprise Illumina, le plateau ANAN a organisé un séminaire sous forme de table ronde le jeudi 20 octobre 2022 sur la thématique : « La génomique : une diversité de métiers et de parcours ». Cette table ronde a rencontré un beau succès de participation. L'occasion pour de petits groupes d'étudiants des Masters de biologie végétale et de santé d'échanger avec des professionnels du métier de la génomique (semenciers, diagnostic, bioinformatique, police scientifique, recherche académique, détection...).



ANAN : ANalyses des Acides Nucléiques

Principales valorisations 2022

Le plateau ANAN a été cité dans les auteurs dans 3 publications pour des analyses de transcriptomiques et de séquençage Minlon réalisés sur le plateau et remercié dans 6 publications.

- Duplication and Specialization of NUDX1 in Rosaceae Led to Geraniol Production in Rose Petals. Conart C, Saclier N, Foucher F, Goubert C, Rius-Bony A, Paramita SN, Moja S, Thouroude T, Douady C, Sun P, Nairaud B, Saint-Marcoux D, **Bahut M**, Jeauffre J, Hibrand Saint-Oyant L, Schuurink RC, Magnard JL, Boachon B, Dudareva N, Baudino S, Caissard JC. Mol Biol Evol. 2022 Feb 3;39(2):msac002. doi: 10.1093/molbev/msac002.
- Characterization of NRPS and PKS genes involved in the biosynthesis of SMs in *Alternaria dauci* including the phytotoxic polyketide aldaulactone. Julia Courtial, Jean-Jacques Helesbeux, Hugo Oudart, Sophie Aligon, **Muriel Bahut**, Bruno Hamon, Guillaume N'Guyen, Sandrine Pigné, Ahmed G Hussain, Claire Pascouau, Nelly Bataillé-Simoneau, Jérôme Collemare, Romain Berruyer, Pascal Poupard 2022 May 17;12(1):8155.doi: 10.1038/s41598-022-11896-0.
- The Nitrate Transporter MtNPF6.8 Is a Master Sensor of Nitrate Signal in the Primary Root Tip of *Medicago truncatula*. Lili Zang , Łukasz Paweł Tarkowski, Marie-Christine Morère-Le Paven, Michel Zivy, Thierry Balliau , Thibault Clochard, **Muriel Bahut**, **Sandrine Balzergue**, Sandra Pelletier, Claudine Landès, Anis M Limami , Françoise Montrichard. Front Plant Sci 2022 Mar 18;13:832246. doi: 10.3389/fpls.2022.832246. eCollection 2022.

Perspectives 2023

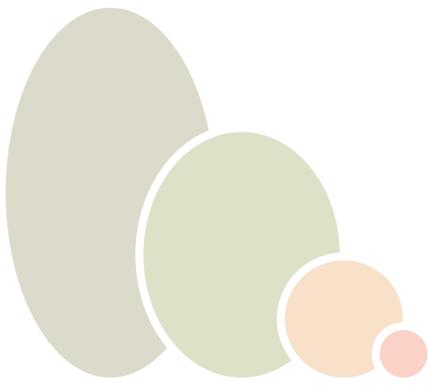
- Mise en place de TP de génomique pour les étudiants du Master Biologie Végétale de l'Université d'Angers en collaboration avec la société Illumina,
- Mise en application d'une nouvelle tarification homogène à tous les plateaux de l'Université d'Angers,
- Achat via le CPER d'un robot de pipetage,
- Mise en œuvre du projet DéFi (Détection et identification de *Fusarium* sur blé par technologie de séquençage en iseq100) porté par le plateau et en collaboration avec le GEVES et l'équipe EmerSys (IRHS),
- Aménagement de l'ancienne salle de radioactivité (aujourd'hui déclassée) en salle pour les appareils de séquençage.



Affiche de la table ronde
« La génomique : une diversité de métiers et de parcours »



Nouveau séquenceur MiSeq de chez Illumina
disponible sur le plateau ANAN



PLATEAU TECHNIQUE

COMIC : Collections de micro-organismes



Responsables

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

Introduction

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.

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

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.

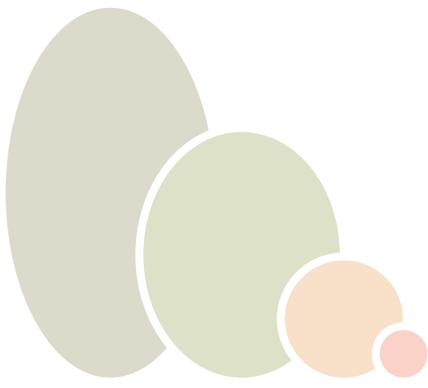
De plus le plateau COMIC a acquis en 2017 un appareil Omnilog permettant l'analyse haut débit du métabolisme microbien.

Le plateau COMIC propose :

- un service de lyophilisation (souches ou d'échantillons)
- un service de conservation de doubles 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.

Les projets des différents partenaires sont écrits au fil de l'eau. La présentation du PT est consultable à cette adresse :

<https://www.sfrquasav-angers.org/Plateaux-Techniques/COMIC>



COMIC : Collections de micro-organismes

Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2022

- Conservation de doubles de collections pour les équipes EcoFun et FungiSem de l'IRHS
- Analyses Omnilog : 182 plaques pour 3 projets
- Analyses Quantom TX : passage de 382 échantillons (268 lames) (5 projets)
- Pas de prestation de lyophilisation en 2022. Le lyophilisateur du CIRM-CFBP ayant été indisponible une partie de l'année.

Faits marquants 2022

Acquisition de matériel :

Onduleur pour protéger l'omnilog en cas de microcoupures.

Appareil Quantom TX :

Le Quantom TX est un appareil qui permet la quantification rapide de suspensions de cellules bactériennes. La technique est basée sur le marquage des cellules, prise d'images et analyse d'images. Cet appareil permet de marquer soit l'ensemble des cellules, soit uniquement les cellules vivantes.

Plusieurs équipes de la SFR Quasav sont intéressées par cet appareil. Ce sera notamment une aide efficace pour quantifier des bactéries dans un macérat de semences, calibrer des suspensions pour construire des communautés synthétiques, quantifier un inoculum avant expériences sur plantes...

Cet appareil est arrivé dans le courant de l'hiver 2022.

Il a depuis servi pour deux projets :

- Quantification de suspensions de *Xylella*
- Projet VegLab : mise au point de protocoles pour la quantification de bactéries associées aux plantes.

Projet Quantom-COMIC

Le Quantom TX ayant été mis au point pour des bactéries d'intérêt médical, il était nécessaire de vérifier l'application des protocoles pour les bactéries de l'environnement qui sont manipulées par les membres de la SFR Quasav.

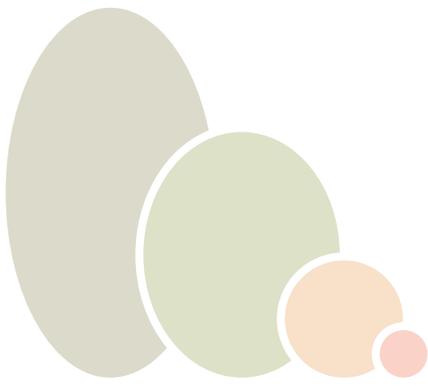
Dans le cadre des projets Veg-Lab (projets en labo pour les étudiants M1 du Master Biologie Végétale, réalisés en binômes de septembre à décembre 2022) le plateau COMIC a accueilli un duo d'étudiants.

Leur objectif était pour différentes bactéries, de comparer plusieurs méthodes de numération :

- Mesure de la densité optique
- Estimation du nombre probable par dilution/étalement
- Mesure au Quantom des « cellules totales »
- Mesure au Quantom des « cellules vivantes »

Les stagiaires ont testé plusieurs conditions d'incubation pour déterminer le meilleur protocole pour chaque bactérie analysée.

Même s'il reste des résultats à valider, cela a permis de déterminer les meilleures conditions pour chaque bactérie étudiée.



COMIC : Collections de micro-organismes

Projet BioFun

Le projet Biofun a fait l'objet d'un financement par la SFR Quasav pour la période 2020-2022.

La méthode Biolog permet de mesurer le métabolisme microbien. Des plaques, contenant un ensemble de substrats et un indicateur coloré, sont ensemencées. Si le microorganisme étudié métabolise le substrat, il respire et provoque l'apparition d'une coloration violette. L'appareil Omnilog permet de mesurer 50 plaques en même temps et de produire les courbes de métabolisation. Cependant, pour les champignons filamenteux, cela ne fonctionne pas correctement, de nombreux puits montrant des résultats non homogènes et non exploitables. L'objectif du projet BioFun est d'adapter la technologie Biolog aux champignons filamenteux. Il a été décidé de modifier la méthode de mesure : mesurer la croissance du champignon au sein de chaque puits par néphélométrie (méthode par réfraction laser qui permet de mesurer la croissance des champignons).

En 2022, il a été réalisé un test de validation de la méthode plaques Biolog dans le néphélomètre.

Un mutant d'*Alternaria brassicicola* déficient dans la synthèse et le catabolisme du mannitol ($\Delta\Delta ab43Mpdab23Mdh1.2M2$) a été sélectionné.

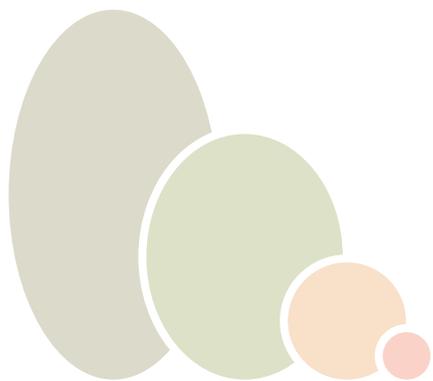
Sur milieu solide sans mannitol, ce mutant présente un phénotype de croissance affectée (densité de mycélium plus faible).

Ensuite, ce mutant a été analysé sur plaque Biolog FF dans le néphélomètre. Deux réplicats sont prévus, et les résultats seront analysés ensemble. Des différences sont déjà visibles sur la plaque, ce qui laisse augurer de la validité de la méthode mise au point.

Perspectives : obtenir les derniers résultats pour valider la méthode et les analyser. Une publication est envisagée à court terme.

Perspectives 2023

- Finaliser la valorisation du projet BioFun
 - Fusion des activités COMIC dans le plateau culturomique
 - Service de lyophilisation : transfert au CIRM-CFBP
 - Service de conservation de doubles de collections fongiques pour des équipes de l'IRHS (-80°C / Azote liquide) : transfert au CIRM-CFBP
 - Collection COMIC : pour certaines équipes il est important que certains de leurs isolats soient conservés dans une collection « officielle ». Des discussions sont en cours pour déposer une partie de ces ressources au CIRM-CF (Marseille)
 - Caractérisation du métabolisme microbien par la technologie Biolog en utilisant l'Omnilog : transfert au plateau de culturomique
 - Numération de suspension bactériennes (Quantum TX) : transfert au plateau de culturomique
- La mise en place de ces transformations et le planning sont en cours d'établissement.



PLATEAU TECHNIQUE

IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire



Responsables

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

Présentation du plateau technique

Le plateau technique 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

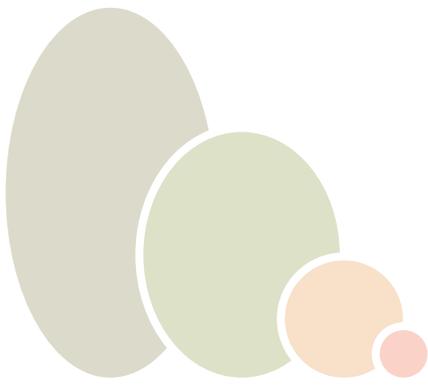
microtome, colorations et analyses d'images, préparations extemporanées avec coupes au cryostat ou au vibratome, immunocytochimie, hybridation in situ...) et d'observation en microscopie photonique (Transmission, contraste de phase et d'interférence différentielle, épifluorescence, microscopie confocale à balayage laser et spinning disk) et électronique (MEB de paillasse). Les préparations pour la microscopie électronique à transmission (MET) sont réalisées en collaboration avec le service commun de microscopie de l'université d'Angers (SCIAM).

Équipements

Le PTM-IMAC est localisé 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 :

Équipements de microtomie	Observations et analyses
	Microscopie photonique :
Cryostat Leica CM3050 S-mot/tr (2006)	Microscope Leica DM1000 (2006)
Microtome automatique Leica RM2165 (2001)	Microscope Olympus BH2 (1984)
Microtome automatique Leica RM2265 (2013)	Stéréomicroscope Olympus SZX16 (2007)
Vibratome MICROM HM 650V (2008)	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 : Microscopie électronique à balayage Phenom MEB PRO G2 (2012)



IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Plus d'information via le site :

<https://www.sfrquasav-angers.org/Plateaux-Techniques/IMAC>

Le site permet d'accéder à des informations sur les équipements et donne accès aux réservations des ressources (accès réservé pour les membres de la SFR) via l'intranet.

Principaux projets en cours :

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

La répartition des projets depuis ces sept dernières années en fonction des axes de recherche de la SFR sont listés ci-dessous.

Axes de la SFR	2016	2017	2018	2019	2020 COVID	2021	2022	
Axe 1 : Gestion durable de la santé des plantes	8	8	19	15	10	13	10	
Axe 2 : Qualité physiologique et sanitaire des semences	8	9	8	10	10	8	5	
Axe 3 : Qualités des productions végétales spécialisées	7	17	14	8	5	12	7	
Autres : Axes hors SFR, ou Axe 1-2, Axe 1-3	0	0	0	4	2	4	5	
								Moy
Total	23	34	41	37	27	37	27	32
Moyenne annuelle de projets/axes	6	9	10	9	7	9	7	
Nb d'étudiants en thèse	7	12	14	15	9	7	10	

Évolution du nombre et de la répartition des projets, par axe depuis, 7 ans sur le PT IMAC.

Au cours de l'année 2022, **27 projets** ont été initiés ou poursuivis sur le plateau IMAC, dont **dix** sont en lien avec des sujets de thèse.

La répartition par axe de recherche de la SFR QUASAV et le descriptif des projets figurent ci-dessous.



IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Liste des projets conduits sur IMAC en 2022.

- **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.**

Ateliers pratiques : 32 étudiants, L3 SPV,

Équipement IMAC : Microscopie confocale

Responsable : David Macherel_IRHS-SMS,

date : 14/02/2022-18/03/2022

32 étudiants du module UE4 Biologie Cellulaire et Biotechnologie de la Licence 3 Sciences des Productions Végétales, ont participé par trinômes à un atelier pratique sur l'imagerie de fluorescence (microscope confocal) de différents tissus et organites cellulaires (mitochondries, réticulum, cytosquelette) lors de cinq demi-journées.

Ateliers pratiques : 14 étudiants Licence Pro

parcours Végétal (IUT-Angers),

Équipement IMAC : Stéréomicroscope Axio Zoom V16, TP conduits par A. Rolland

Responsable : Arnaud Chevrollier, Enseignant chercheur en Biochimie - Biologie Moléculaire - Bioinformatique / Resp. LP Biologie Expérimentale de l'Animal et du Végétal (BAEVA), Dépt Enseignement Génie Biologique IUT),

date : 17/05/2022 (4 sessions de 1h30).

Observations de structures fongiques et de plantules d'*Arabidopsis thaliana* exprimant des fluorophores dans différents compartiments cellulaires (réticulum, chloroplastes).

- **Projet interne SFR : AAP- SFR - Méthodologie : PlantIMet, sept 2022 à avril 2024**

Nom du projet : Localisation des métabolites secondaires dans différents organes végétaux par imagerie DESI-HRMS

Laboratoire / équipe d'accueil : Plateaux IMAC et PHYTO de la SFR QUASAV, Equipe IRHS-FungiSem

Responsable du projet : Séverine Boisard (PHYTO) et Claire Campion (FungiSem)

Nous accueillons Christelle N'Soukpoe, étudiante de Master 2 Chimie, Agro-ressources, Biomolécules, Innovations, de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Limoges, dont les dates de stage sont du 23/01/2022 au 21/07/2023.

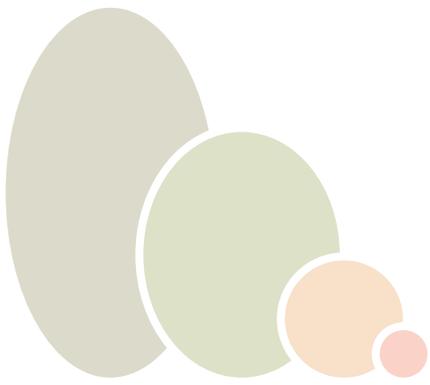
Une méthode de préparation d'échantillons de siliques et de feuilles de colza (inoculées ou non par *A. brassicicola*) par cryodissection sera mise au point sur IMAC, qui permettra ensuite leur analyse par imagerie HRMS (High Resolution Mass Spectrometry) sur le plateau PHYTO, pour identifier et localiser des composés essentiels pour comprendre le dialogue moléculaire plante-champignon lors de la transmission d'*A. brassicicola* aux graines.

- **Visites, rencontres :**

02/05/2022 : L2 CMI UA : Nina Lebeau et Kyara Tréard : Découverte de l'imagerie électronique sur le plateau.

16/11/2022 : Stage découverte de 3ème : Accueil sur le plateau d'Arthur Brung-Delommeau, qui a assisté à la démonstration ZEISS.

16/06/2022 : A l'invitation de Guillaume Mabileau, IMAC est membre du Comité des utilisateurs du SCIAM (SFR-ICAT) pour réfléchir principalement sur les investissements à venir (nouveaux équipements, jouvence d'équipements actuels) sur les tarifs d'utilisation de la plateforme. A ce titre, nous avons été conviés pour un point sur les outils et les approches d'imagerie microscopique disponibles sur le site en Santé. Le personnel du SCIAM a présenté rapidement les technologies TEM, MEB, confocal et des utilisateurs ont présenté leurs applications. Un temps d'échange a permis de poser des questions et d'exposer les besoins présents ou à venir.



IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Principales valorisations 2022

• Articles

Sur l'année 2022, le Plateau IMAC a été co-auteur dans une publication et remercié dans deux publications, sans oublier les citations dans les posters, mémoires de Master et dans les thèses de doctorat de l'Université d'Angers.

Publication 2022 en co-auteur

Guillou, M.-C., Vergne, E., Aligon, S., Pelletier, S., **Simonneau, F., Rolland, A.**, Chabout, S., Mouille, G., Gully, K., Grap-pin, P., Montrichard, F., Aubourg, S., Renou, J.-P., 2022. *The peptide SCOOP12 acts on reactive oxygen species homeostasis to modulate cell division and elongation in Arabidopsis primary root.* J. Exp. Bot. 73, 6115–6132. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac240>

Publications 2022 (remerciements)

Barrit, T., Champion, C., Aligon, S., Bourbeillon, J., Rousseau, D., Planchet, E., Teulat, B., 2022. *A new in vitro monitoring system reveals a specific influence of Arabidopsis nitrogen nutrition on its susceptibility to Alternaria brassicicola at the seedling stage.* Plant Methods 18, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00962-3>

Sano, N., Malabarba, J., Chen, Z., Gaillard, S., Windels, D., Verdier, J., 2022. *Chromatin dynamics associated with seed desiccation tolerance/sensitivity at early germination in Medicago truncatula.* Front. Plant Sci. 13, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1059493>

Poster

A la demande de la SFR, l'ensemble des PT/PF ont réalisé un poster sous une trame commune pour diffuser et communiquer sur nos missions et notre expertise lors de visites sur site ou de déplacements. IMAC dispose à présent d'un support attractif et accessible à un large public qui permettra de susciter des rencontres et des discussions. Il est affiché dans l'espace IMAC, au premier étage de la Maison de la Recherche.

Animations 2022 :

> Organisation d'une demi-journée de découverte des équipements du plateau IMAC pour le SCIAM

Les retombées furent très positives à la suite de la visite sur IMAC de l'équipe du SCIAM (Service Commun d'Imageries et d'Analyses Microscopiques) sur la matinée du **18 mars 2022**.

Le SCIAM est une plateforme technique qui dépend de la SFR4208 - ICAT (Interactions Cellulaires et Applications Thérapeutiques), localisée à l'Institut de Biologie en Santé | Iris | CHU. Le SCIAM, nous avait précédemment sollicité pour faire partie du Comité des Utilisateurs.

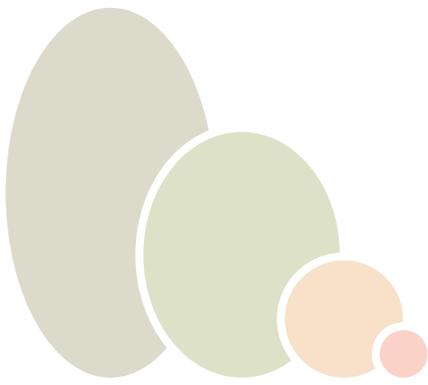
Nous avons ainsi reçu :

Arnaud Chevrollier (Directeur du SCIAM, Laboratoire MitoVasc, équipe mitolab, UMR CNRS 6015 – INSERM U1083), **Rodolphe Perrot** (Ingénieur d'étude, responsable microscopie confocale)

Romain Mallet (Ingénieur d'étude, responsable microscopie électronique à balayage), et **Florence Manero** (Technicienne, responsable microscopie électronique en transmission).

Nous avons réalisé une **animation de type démonstration sur le macroscopie de fluorescence** ainsi que sur le **microscopie confocal**, et discuté des applications en imagerie pour la recherche végétale.

À la suite de cette rencontre, un projet a été déposé sur IMAC pour réaliser des observations de coupes de cerveau de rat. L'objectif est de visualiser des interactions cellulaires entre la tumeur et des implants dans le cadre du traitement du glioblastome sur le macroscopie d'IMAC. Il s'agit d'un projet réalisé par **Natalia Ferreira** (post-doctorante) et **Rodolfo Molinapena** (Doctorant) de l'équipe 17 « Alternatives innovantes locales dans le traitement médical des Glioblastomes » dirigée par **Emmanuel Garcion**.



IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

D'autre part, IMAC a été sollicité pour intervenir dans un TP de démonstration sur le microscope avec les étudiants de la Licence Pro en parcours végétal (Responsable : **Arnaud Chevrollier**, IUT Génie Biologique, Université d'Angers), le mardi **17 mai 2022** (4 sessions de 1h30, 3 trinômes et un quadrinôme).

Une bonne dynamique se met donc en place avec la SFR-ICAT.

> Deux séries de démonstrations

Des animations sous forme de démonstration ou d'atelier pratiques par des sociétés leader du domaine ont été proposées pour découvrir les nouveautés des systèmes d'imagerie dans le cadre de la jouvence à venir du microscope confocal et réaliser des acquisitions sur les modèles étudiés au sein de la SFR :

1) Accueil de la Société ZEISS : **14 au 16 novembre 2022**

Microscope automatisé entièrement intégré, couplé à l'excellente qualité d'image confocale, dédié à l'imagerie de fluorescence des cellules vivantes, en particulier à l'imagerie à haut débit.



CellDiscoverer 7 couplé au
LSM900 Airyscan (confocal)



2) Accueil de la société NIKON : **05 au 09 décembre 2022**

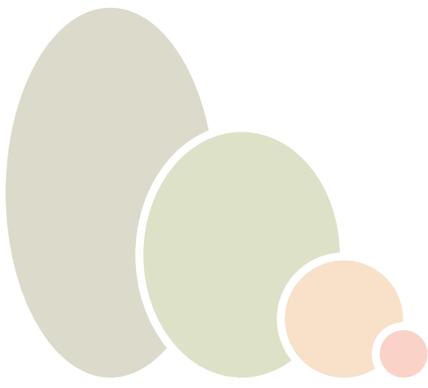
Microscope confocal AX Nikon, confocal à balayage laser de 10e génération qui combine un large champ d'observation, une grande vitesse d'acquisition et une forte résolution.



AX / AX R | Microscopes confocaux -
Nikon Instruments



Pour chacune des sociétés, une présentation du système et des modalités confocales a été proposée, puis cinq demi-journées d'ateliers (sur réservation) pilotés par les ingénieurs d'application imagerie ont permis d'appréhender et de découvrir les possibilités et les limites des systèmes. Forte participation aux démonstrations des sociétés ZEISS et NIKON, 19 personnes se sont mobilisées, issues de 7 équipes de l'IRHS, ainsi que l'équipe EGLIGEPP (Sylvia Anton) et le plateau technique CHU-SCIAM et le labo Mitolab pour l'UFR Santé.



IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

Perspectives 2023

• Tarifs IMAC : Mise en place d'un nouvel outil de tarification UA

A la demande la DRIED (Direction de la recherche, de l'innovation et des études doctorales), le mode de calcul du coût des prestations de services en recherche a été complètement revu et permet de déterminer le coût complet associé à une prestation de service.

— Quatre catégories d'appartenance des utilisateurs ont été définies (au lieu de trois jusqu'à présent) :

1- Interne SFR, 2- Interne UA, 3- Externe Collaboratif (contrat), et 4- Externe.

— En fonction des catégories, les tarifs incluent les consommables machine, les maintenances, l'amortissement des appareils, les consommables et petits matériels de labo ainsi que les coûts indirects dus à l'environnement, le coût du personnel. Ces paramètres sont pris en compte dans le calcul des coûts, à pourcentage variable selon les quatre catégories tarifaires.

Le CA a validé le nouveau cadre des prestations de service et a fixé son application à compter du 1er janvier 2023.

Les ajouts de nouveaux équipements ou consommables ainsi que les actualisations de tarifs pourront être réalisés annuellement à minima et exceptionnellement en cours d'année si nécessaire.

Ces informations devront être envoyées à la DRIED par la Direction de la SFR via le CPOM.

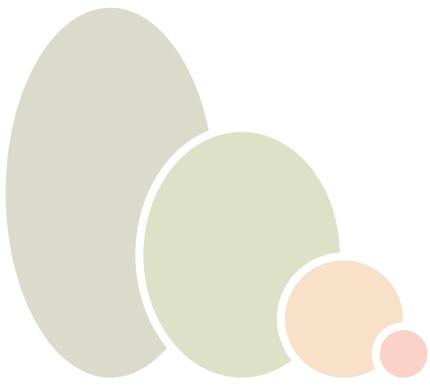
La DRIED enverra un fichier actualisé à la fin du mois de septembre.

Cette nouvelle grille tarifaire IMAC sera prochainement diffusée et consultable sur l'intranet de la SFR QuaSaV.

• **La priorité sera donnée à la rédaction des dossiers d'appel d'offre** dans le cadre du projet CPER 2021-2027 **IMAX-Veg** : Imagerie d'excellence pour le végétal : Soutien à la plate-forme d'excellence PHENOTIC (membre du réseau Phenome-Emphasis, labélisée IBISA), porté par **David Rousseau**.

En complément des équipements de phénotypage à l'échelle macroscopique prévus pour la plate-forme PHE-NOTIC, une série d'équipements vise à élargir l'offre proposée sur le Plateau IMAC. Il s'agit ici de permettre le phénotypage des populations de cellules ou des tissus végétaux sur site à l'état natif.

— **Jouvence du microscope confocal Nikon A1 (acquis en 2010)**. Disposer sur site d'un microscope confocal performant est essentiel pour pouvoir analyser avec une grande finesse et souvent *in vivo* des échantillons biologiques variés. Ceux-ci proviennent souvent de plantes génétiquement modifiées qui ne peuvent être transportées facilement et doivent être analysées dans des laboratoires agréés. Le microscope confocal actuel est vieillissant et doit être rénové ou remplacé par un système à présent beaucoup plus performant en termes de sensibilité, de vitesse d'acquisition et de pilotage. Cet équipement qui sera complémentaire à ceux disponibles au SCIAM pourra être utilisé par des chercheurs de la santé, notamment pour des échantillons fixés. L'appel d'offre interviendra au premier semestre 2023, en vue d'une livraison avant la fin de l'année.



IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire

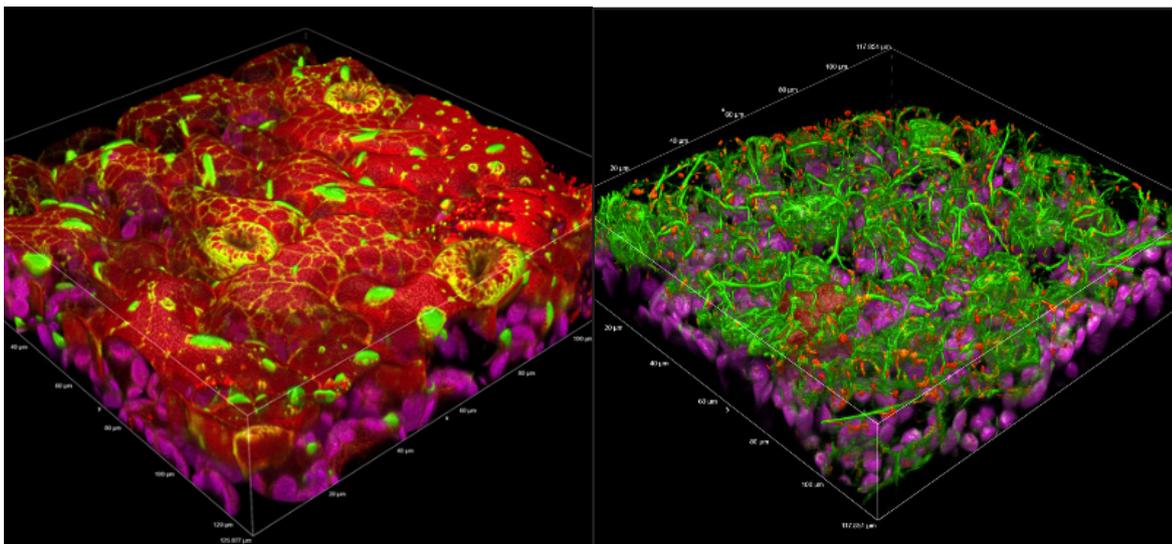
Perspectives : A l'horizon 2024

• **L'acquisition d'un nouveau microscope à balayage.** Le microscope à balayage de table (Mini-MEB Phenom) acquis en 2012 est saturé du fait de l'analyse de grandes séries d'échantillons végétaux. Equipé uniquement d'une sonde BSD (observation du contraste) avec un grossissement de 80-45 000 x, il ne répond pas à tous les besoins. Le nouveau microscope à balayage avec un grossissement de 80-150 000 x sera plus performant et surtout adapté à la nouvelle génération d'observations nécessaires dans le cadre des projets innovants dans lesquels s'engagent les chercheurs du site. Outre la sonde BSD, il sera équipé d'une sonde EDS pour l'acquisition de spectres de fluorescence X (mesures de composition en éléments), d'un détecteur SED qui augmente la résolution et permet d'acquérir des images topographiques, et d'un système de métallisation des échantillons.

• **Acquisition d'un scanner de lames.** Un tel système permet une acquisition automatisée rapide (portoir 100 lames) avec de multiples canaux, et en assurant une grande reproductibilité des conditions d'acquisition, il permet d'optimiser l'analyse d'image et d'améliorer ainsi la quantité et la qualité des résultats. Ce scanner sera également mobilisé pour reconnaître et quantifier des spores capturées sur des films plastiques incorporés dans des pièges à spores situés en serres.

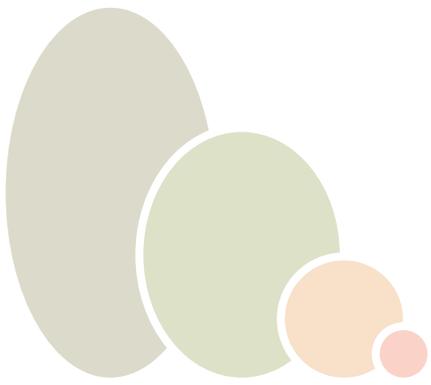
Les demandes des différents systèmes d'imagerie numérique cités ci-dessus sont accompagnées de systèmes de traitement et de stockage de l'information avec des ordinateurs haute performance pour l'acquisition, la reconstruction et l'analyse images 3D ainsi que d'une station informatique dédiée à l'analyse d'image 4D (3D + temps).

Des animations sous forme de démonstrations ou d'atelier pratique par les sociétés leader du domaine ont déjà été proposées et d'autres suivront au fur et à mesure de l'instruction des différentes acquisitions souhaitées.

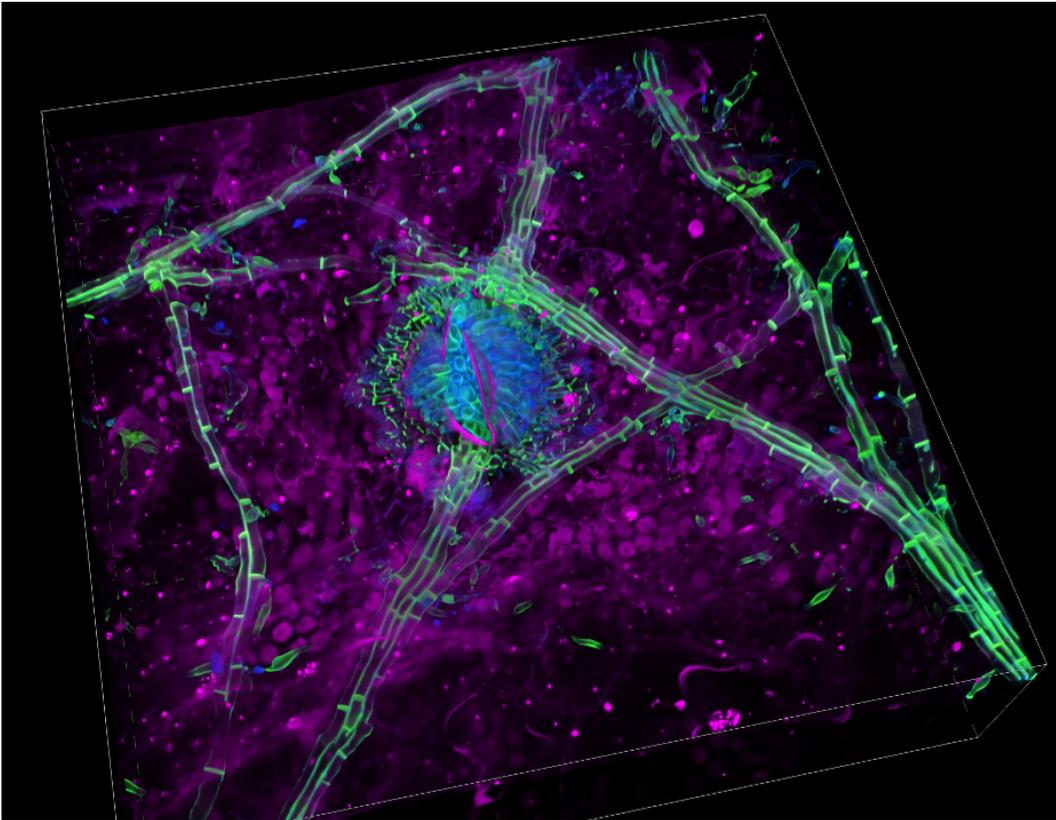


Cotylédon de plantule d'*Arabidopsis*.
Visualisation 3D des chloroplastes (violet),
du réticulum endoplasmique (vert) et des
membranes plasmiques (rouge)
Logiciel NIS-A 3D Measurement, NIKON)
D. Macherel, microscopie confocale, IMAC

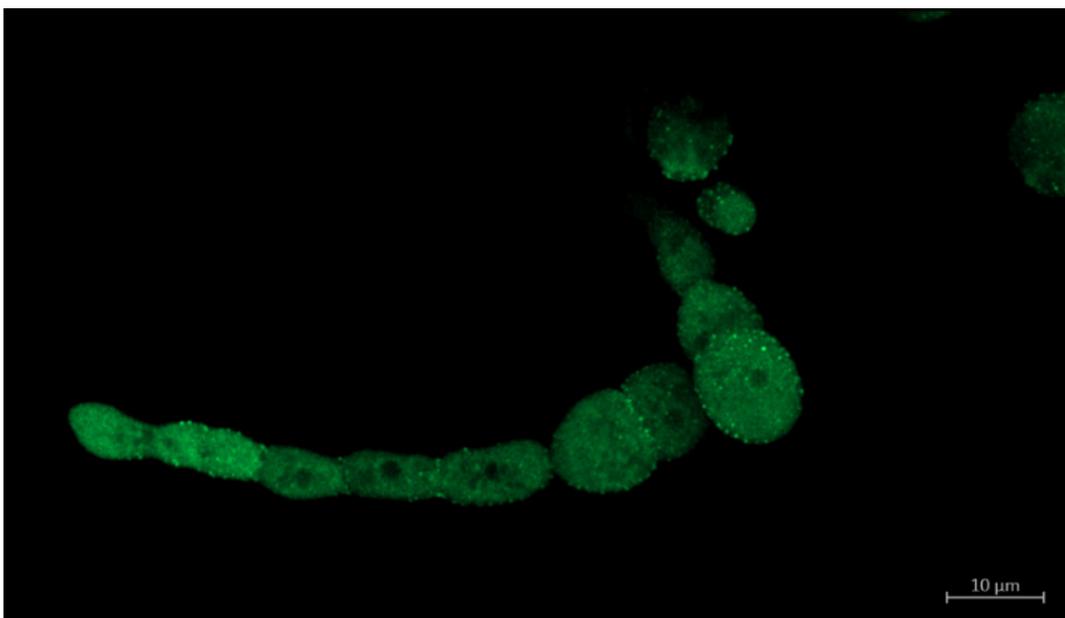
Cotylédon de plantule d'*Arabidopsis*.
Visualisation 3D des chloroplastes (violet),
des filaments d'actine (vert) et des mito-
chondries (rouge)
Logiciel NIS-A 3D Measurement, NIKON)
D. Macherel, microscopie confocale, IMAC



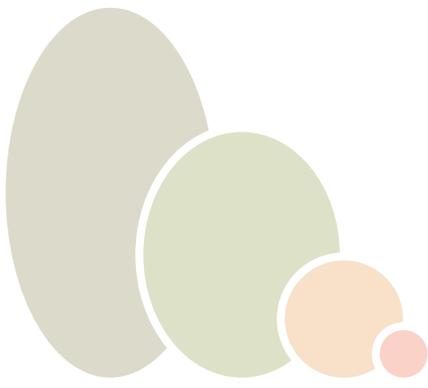
IMAC : Microscopie et Imagerie Cellulaire



Observation de *Diplocarpon rosae* sur l'épiderme de feuilles de rosier
(rose = autofluorescence de la chlorophylle, vert = fluorescence des hyphes-Alexia WGA488, bleu = dépôt de callose-fluorescence bleu d'aniline.
Laurine Lambelin, équipe GDO.
NIS-A 3D Measurement
NIKON, microscopie confocale, IMAC.



Germination d'une spore d'*Alternaria brassicicola* (mutant PIL1-GFP),
Muriel Marchi, équipe FungiSem
(Logiciel ZEN, ZEISS)
Cell Discover 7-LSM, ZEISS
: microscopie confocale, IMAC.



PLATEFORME

PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

PHENOTIC
SEMENCES & PLANTES

Responsables

Directeur :

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

Directeurs adjoints :

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

Présentation de la plateforme

La plateforme PHENOTIC Semences et Plantes propose des services de production de plantes et de phénotypage de la semence à la plante adulte. Ces services impliquent des flottes de capteurs destinées à l'imagerie de la plante (RGB, NIR, hyperspectral, imagerie de fluorescence de chlorophylle, 3D, ...), ainsi qu'à la caractérisation de son environnement (température, hygrométrie, luminosité). Ces capteurs peuvent être déployés en serre ou sont intégrés dans des chambres de culture robotisées.

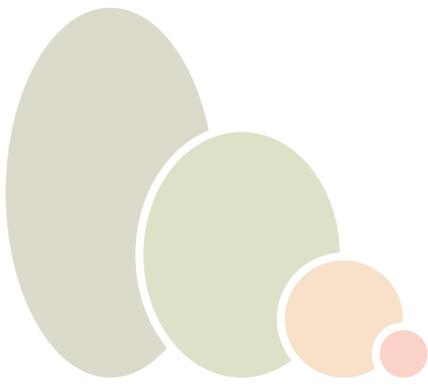
PHENOTIC Semences et Plantes associe des compétences scientifiques en Biologie Végétale, et en Sciences et Techniques de l'Information et Communication pour intégrer l'innovation technologique au sein d'installations expérimentales. Ainsi, PHENOTIC propose à l'utilisateur un continuum depuis la production de matériel biologique jusqu'à l'acquisition et le traitement de données et métadonnées de phénotypage.

L'objectif scientifique du dispositif vise à constituer une chaîne de phénotypage de la semence sèche à la plante entière susceptible de couvrir l'ensemble du cycle de développement de la plante. Ainsi, les utilisateurs peuvent :

- Évaluer la qualité et suivre la germination des semences et l'élongation des plantules.
- Caractériser le développement et l'architecture des parties aériennes des plantes.
- Évaluer l'impact de stress biotiques.

La plateforme PHENOTIC Semences et Plantes, se déploie sur deux sites :

- Angers PLANT Phenotyping Facility au sein de l'UMR IRHS, labellisé Infrastructure Scientifique Collective de l'INRAE. Ce site comprend 7000m² de serres et chambres de culture, et propose plusieurs niveaux de sécurité (S1, S2 et S3) permettant l'expérimentation sur plantes impliquant des ORQ et OGM.
- Angers SEED Phenotyping Facility, hébergée et gérée par le GEVES. Ce site comprend 300 m² de laboratoires équipés dédiés au phénotypage des semences.



Équipements

<https://www6.inrae.fr/phenotic/>

Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2022

En 2022, PHENOTIC a été partenaire de 51 projets et 15 prestations pour des partenaires académiques internationaux et nationaux ou des partenaires privés.

- Angers PLANT Phenotyping Facility :43 projets et 11 prestations.
- Angers SEED Phenotyping Facility : 8 projets (3 projets académiques internationaux, 3 projets académiques nationaux, 2 projets internes) et 4 prestations privées.

Tarification en vigueur en 2022

Pas de modifications en 2022 sur les équipements de phénotypage. Hausse des tarifs d'utilisation des serres et production de plantes en raison de l'augmentation des coûts de fluides.

Faits marquants 2022

Labellisation de la plateforme PHENOTIC comme ISC INRAE en nov 2021

1 - Fin de construction et Réception des serres semi-ouvertes en avril 2022

2 - Arrivées en CDD :

a. Mathias Bonafos : IE (CDD Université d'Angers) arrivé au 01/09/2022.

Ses missions sont d'assurer la gestion administrative et financière et la coordination de la plateforme PHENOTIC, d'organiser et contrôler l'utilisation collective de la plateforme, puis de piloter la mise en place d'une démarche qualité de la plateforme.

b. Fabien Loyant : IE Bioinformatique (CDD BioGenouest) : 01/02/2022-31/01/2023

Sa mission consistait au développement de la base de données et de l'application OUPPHE en collaboration avec l'équipe BiDéfi. Le CDD a débouché à la mise en production d'une application actuellement en phase de tests sur PHENOTIC. Les utilisateurs de la plateforme pourront à partir de 2024 commander les plantes et réserver les espaces PHENOTIC *via* l'application OUPPHE. L'intégralité de l'historique de culture des plantes sera enregistrée dans la base de données associée, afin d'assurer la traçabilité du matériel végétal produit sur la plateforme. Fabien a présenté son travail au séminaire IRHS du 15/12/2022.

3 - Projet OUPPHE :

La traçabilité des expérimentations sur la plateforme est nécessaire pour assurer la qualité des plantes et des données produites sur PHENOTIC. Le projet OUPPHE vise à la mise en service d'un service web, associé à une base de données pour assurer la traçabilité des points suivants :

- Contractualisation entre les utilisateurs et la plateforme : après discussion entre utilisateurs et PHENOTIC de la



PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

faisabilité des projets, l'application permet de tracer les projets et d'assigner à chaque projets les dépenses PHENOTIC associées, et ainsi apporter une meilleure visibilité des coûts expérimentaux sur la plateforme.

— Réservation de modules d'expérimentation

— Production de plantes : les utilisateurs commanderont leur plante via l'application. Ils pourront y rentrer l'itinéraire cultural désiré, depuis le semis jusqu'à un éventuel phénotypage digital. La réalisation de chaque étape ou action de l'itinéraire pour chaque plante est enregistrée dans la base de données, ainsi que les incidents éventuels. Ainsi, les utilisateurs auront la traçabilité des actions réalisées sur le matériel végétal.

Le projet OUPPHE a bénéficié de financement de CDD IE bioinformatique par Biogenouest. Ce projet a été développé en collaboration avec **Sandra Pelletier** et **Claudine Landes** de l'équipe BiDéfi. Le CDD de **Fabien Loyant** a permis d'aboutir à une première version de l'application et base de données mise en production en janvier 2023, pour être testée durant 2023.

4 - Le projet de caractérisation de la germination de géotypes de soja, mené pour l'Université de Saaskatchan (Saaskatoon Canada), a nécessité d'adapter les dispositifs de semis sur les bancs de germination afin de pouvoir mener des analyses sur papier plissé (voir photo jointe). Ceci sera réutilisé sur les semences à grosses graines tel que le haricot dans le projet SUCSEED.

5 - Le GEVES a contribué très largement à l'actualisation des règles internationales ISTA pour le chapitre relatif à l'analyse de la qualité des semences par imagerie RX. Ceci standardise une partie des analyses réalisées en RX sur la plateforme PHENOTIC.

6 - Poursuite de la collaboration GEVES IMHORPHEN dans le cadre de la thèse de Sherif Hamdy avec la perspective de valorisation des travaux sur la plateforme PHENOTIC.

Démarrage du projet PHENOSTIM : (Pays de la Loire, Durée 3 ans, **Porteur : VIA VEGETALE** ; Partenaires Phenotic et CENTRE R&D de VEGEPOLYS VALLEY)

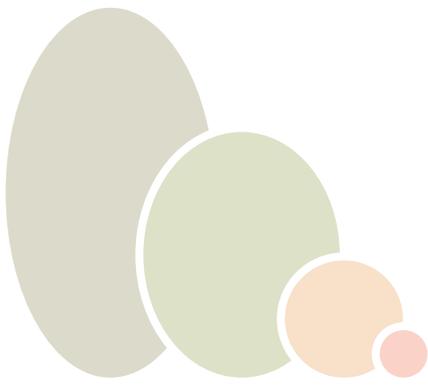
Dans un contexte de dérèglement climatique, les cultures font face à des stress abiotiques de plus en plus marqués. Les biostimulants apparaissent alors comme un levier d'avenir afin d'améliorer la tolérance des plantes. Cependant, plusieurs freins nuisent au développement de ces produits et à leur usage : (1) le manque de reproductibilité des résultats en conditions contrôlées et (2) la difficulté à transférer les résultats du laboratoire au champ.

Objectifs :

— Développer un outil de phénotypage haut débit et de précision par imagerie pour standardiser et accélérer la phase de criblage des biostimulants en conditions contrôlées, accès sur les stress hydriques et chimiques su blé et tomate

— Mettre en œuvre de dispositifs robotisés d'application des produits et des stress, pour simuler les conditions au champ.

— Objectiver la sélection des produits biostimulants, l'optimisation du positionnement et de leur application, dans une perspective d'améliorer un transfert au champ.



PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

Principales valorisations 2022

1 - Articles à comité de lecture

a. Sapoukhina N., Boureau T., Rousseau D. 2022. Plant disease symptom segmentation in chlorophyll fluorescence imaging with a synthetic dataset. *Front Plant Sci.* doi: 10.3389/fpls.2022.969205. eCollection 2022.

b. ElMasry G., Mandour N., Ejez Y., Demilly D., Al-Rejaie S., Verdier J., Belin E. & Rousseau D. 2022. Multichannel imaging for monitoring chemical composition and germination capacity of cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds during development and maturation. *The Crop Journal*. Vol. 10, pp. 1399-1411

2 - Communications

a. T. Boureau, E. Belin. Phénotypage végétal par imagerie sur la plateforme PHENOTIC, Angers. Réunion annuelle du réseau ModStatSAP, « Réseaux de capteurs, phénotypage et modélisation ». Mercredi 14 décembre 2022, Paris.

b. P. Bouillon, A.L. Fanciullino, S. Balzergue, S. Hanteville, E. Belin, et al. Development and comparison of phenotypic methods for colour assessment and polyphenolic composition evaluation in red flesh apples. In IHC 2022 31st International Horticultural Congress, aug. 2022. Angers, France

c. T. Boureau. Plateforme PHENOTIC, phénotypage de la semence à la plante entière. Phénotypage de l'impact de stress biotiques. Animation PlantAlliance Maladies & Ravageurs des plantes. Surveillance, Détection, Prévisions. Mardi 31 janvier 2023. Visioconfé-

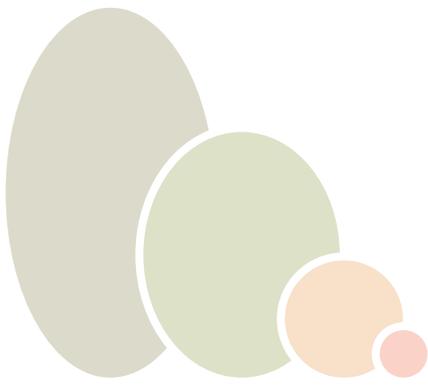
c. Chéné, Y., Belin, É., Coadou, F., Chapeau-Blondeau, F., Hardouin, L., & Rousseau, D. 2021. Instrumentation et capteurs innovants appliqués au phénotypage automatisé des végétaux. *In Instrumentation et Interdisciplinarité*. (pp. 239-244). EDP Sciences.

d. Foucher J, Ruh M, Briand M, Préveaux A, Barbazange F, Boureau T, Jacques M-A, Chen NWG. 2021. Improving common bacterial blight phenotyping by using rub-inoculation and machine learning : cheaper, better, faster, stronger. *Phytopathology*. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-21-0129-R>

d. Ducournau S., Wagner M.-H., Dupont A., Demilly D., Charrier A., Hamdy Sherif, Le Corre L., 2022. L'imagerie au service du phénotypage de la qualité des semences. Journée ASF « Quoi de neuf sur le phénotypage en amélioration des plantes ? », 3 Février, en ligne.

e. Ducournau S., Shinohara T., Matthews S., Wagner M.-H., Powell A.A., 2022. RGB Image Analyses Assesses Radicle Emergence to Predict Normal Germination and Vigour in Brassica species. ISTA Seed Symposium, 02-04 November, Athens, Greece.

f. Wagner M.-H., Dupont A., Matthews S., Powell A.A., Shinohara T., Ducournau S., 2022. Radicle emergence test can be assessed using multispectral imaging for Brassica oleracea. ISTA Seed Symposium, 02-04 November, Athens, Greece.



PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

Perspectives 2023

- 1** - Recrutement d'un IE Bioinformatique INRAE SPE. A partir de septembre 2023.
Cet IE aura pour objectif de poursuivre le déploiement de OUPPHE, ainsi que d'assurer l'interopérabilité de cet outil avec la base de données climatiques et de maintenance des équipements. L'IE créera une base de données image pour le phénotypage digital. Ainsi pour chaque image produite, l'historique de la plante dans son environnement climatique pourra être tracé.
Concernant les données de phénotypage digital, l'IE aura à charge de développer l'interopérabilité entre l'application OUPPHE de la plateforme et le système d'information PHIS de l'infrastructure nationale de recherche PHENOME-EMPHASIS.
- 2** - Continuité des projets académiques SUCSEED, Navig, Brasexplor, PHENOSTIM, ARASTENOX. Accueil de 2 étudiants en Master 2 sur le projet PHENOSTIM à partir de mars 2023.
- 3** - Accueil des journées annuelles de l'Infrastructure Nationale de Recherche PHENOME EMPHASIS sur le site angevin du 28 au 30 juin 2023.
- 4** - Équipement : Remplacement des équipements RX (tomographe 3D et faxitron 2D), videometer, Maintenance des autres équipements (bancs de germination, Eloncam), duplication d'un second système de mesure de la croissance des plantules. Acquisition d'une caméra de Bioluminescence.
- 5** - Fin des travaux de rénovation des laboratoires SNES GEVES incluant les laboratoires utilisés par PHENOTIC (financement GEVES).
- 6** - Collaboration potentiel avec Teagasc – the Agriculture and Food Development Authority Irlande dans le cadre des travaux d'un doctorat.

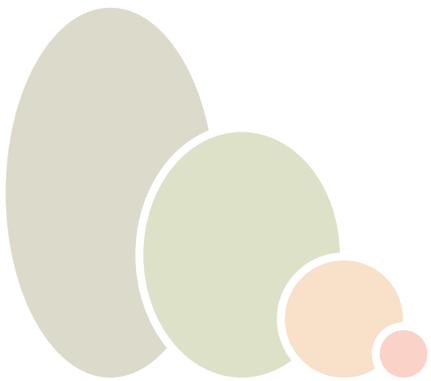


Tunnels d'expérimentation

Serre de culture potagères hors sol pour le phénotypage en conditions de production

Halle technologique pour le phénotypage par imagerie et réalisation de prototypes

Complexe de serres de recherche S0, S2 et S3, incluant des chambres climatiques



PHENOTIC : phénotypage semences et plantes

Banc de germination n°6 financé par le CPER PHENOTIC 2 et mis en service en 2022



SUIVI DE LA CROISSANCE ET DE L'ETAT SANITAIRE DES PLANTULES ET DES PLANTES

Imageurs de fluorescence de chlorophylle, imageur hyperspectral



Phénotypage stress biotiques et abiotiques
Suivi de la croissance des plantes

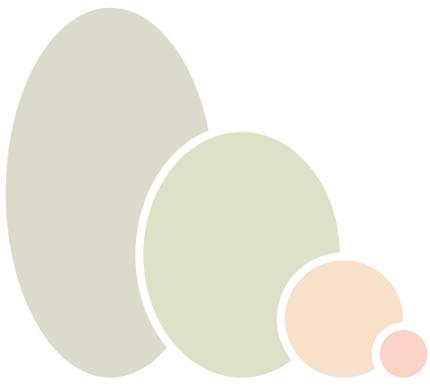
Enceintes climatiques robotisées pour le phénotypage haut débit



Réseaux de caméras pour imagerie de canopées en serres et chambres de culture



Suivi du développement des plantules et de la croissance verticale des plantes



PLATEFORME

PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

Responsables

- Séverine Boisard, Responsable
- Dimitri Bréard, Ingénieur d'étude (1/2 temps) Université d'Angers, SONAS

Comité de pilotage/ comité des utilisateurs

En cours de restructuration (à partir de 2023)

Introduction

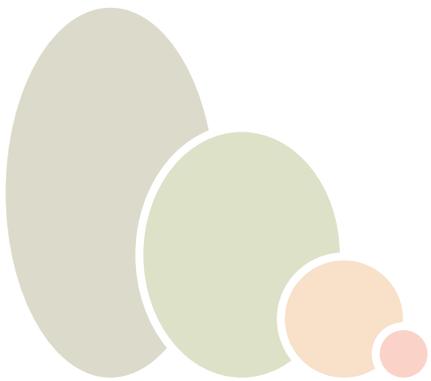
La plateforme PHYTO est un ensemble mutualisé d'équipements dédiés à l'analyse phytochimique et couvrant les principaux besoins dans ce domaine

- Réalisation d'extraits végétaux,
- Développement de méthodes chromatographiques analytiques couplées (UV-DAD, spectrométrie de masse (MS)...),
- Analyses métabolomiques,
- 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.

Principaux équipements

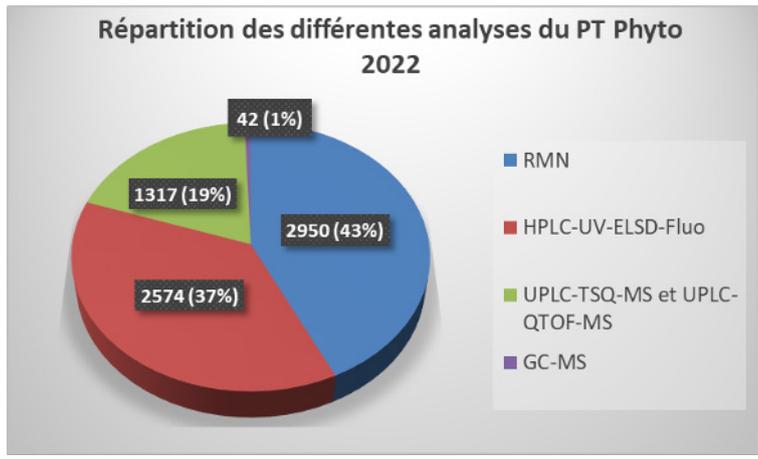
- Principaux équipements dédiés à la préparation d'échantillon
- Lyophilisateur
- Extracteur par solvant sous pression (PLE)
- Extracteurs à ultrasons
- Principaux équipements dédiés à la chromatographie
- Chromatographie analytique : UPLC-QTOF-MS, UPLC-TSQ-MS, GC-MS, HPLC-DAD-ELSD, HPLC-DAD-collecteur de fractions, HPLC-UV-Fluorescence
- Chromatographie préparative : Flash LC, CPC, HPLC-Préparative
- Chromatographie préparative : Flash LC, CPC, HPLC-Préparative
- Équipement dédié à l'identification structurale
- Spectromètre de RMN 400 MHz



PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

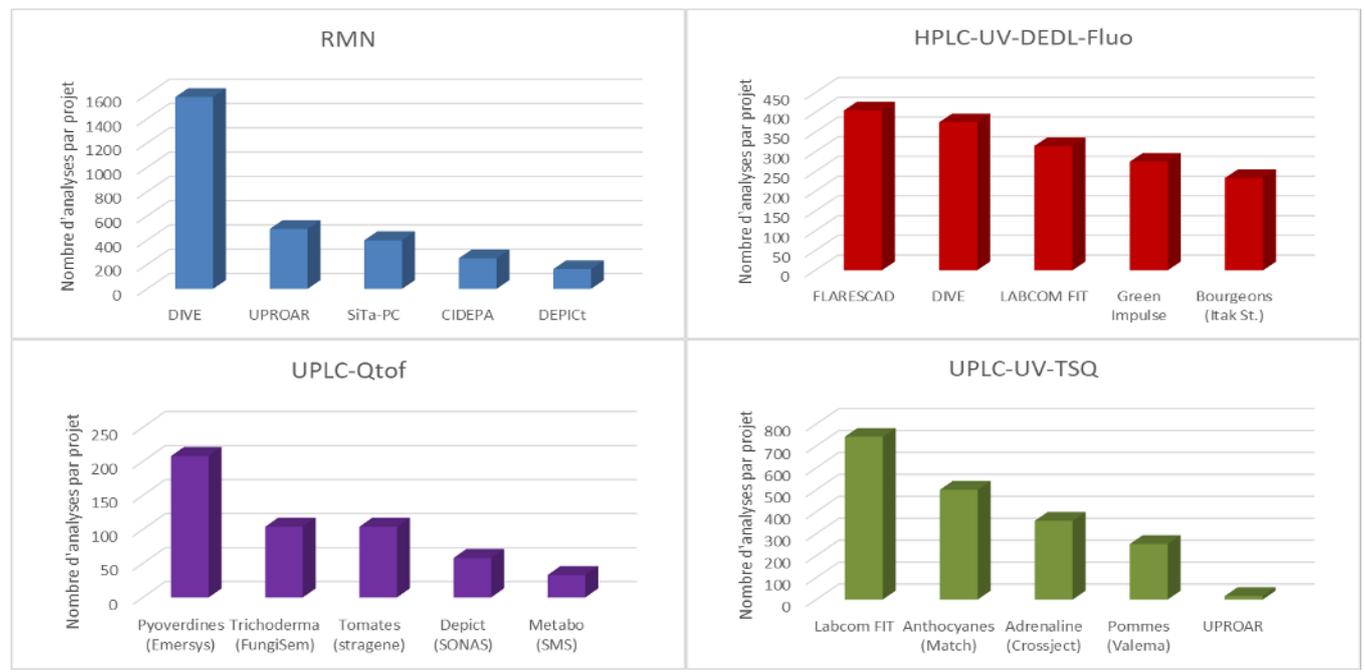
Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2022

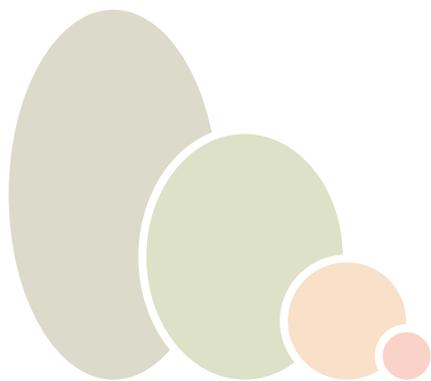
Répartition des différents types d'analyses (en termes de nombre d'échantillons)



Rappel années antérieures : RMN : 2021 (3297), 2020 (2548) ; HPLC-UV-ELSD-Fluo : 2021 (2608), 2020 (2608)

Exemples de volumes traités sur le plateau en analyse RMN, HPLC tous détecteurs confondus, UPLC-Qtof et UPLC-UV-TSQ (5 principaux projets utilisateurs)





PHYTO : Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

Tarification en vigueur en 2022

Entrée en vigueur du nouvel outil de chiffrage de la cellule valorisation de l'UA comprenant quatre niveaux de tarification : interne SFR, interne UA, externe collaboratif, externe.

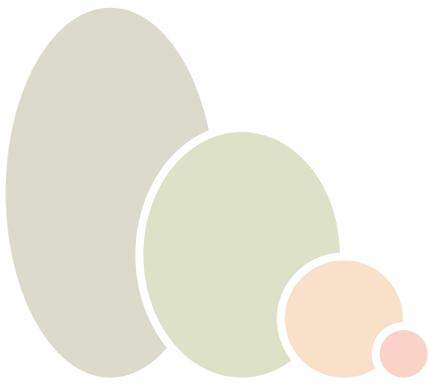
Faits marquants 2022

Principaux projets utilisateurs du PT Phyto sur l'année 2022

Thème	Équipe	Principaux équipements utilisés
Trichoderma	IRHS(FungiSem)/SONAS	UPLC-Qtof
Pyoverdines	IRHS(Emersys)	UPLC-Qtof
Pommes Rouges	IRHS(Valema)/SONAS	UPLC-UV-TSQ
Anthocyanes	Labcom Match	UPLC-UV-TSQ
Projet FLARESCAD	IRHS(QuarVeg)/SONAS	HPLC-UV-Fluo, RMN
DEPICt (Dérép. LDI MS/RMN 13C)	SONAS	UPLC-Qtof, RMN
Projet DIVE (PRCI ANR)	SONAS	HPLC-UV-Fluo/DAD-DEDL, RMN
Labcom Feed In'Tech	NorFeed/SONAS	UPLC-UV-TSQ/HPLC-DAD-DEDL
Adrénaline	Crossject/SONAS	UPLC-UV-TSQ/UPLC-Qtof
Sensitine PKC/Sensichem	Green Implulse/SONAS	UPLC-UV-TSQ/HPLC-UV-Fluo

Appel à projet plateau technique : Projet PlantIMet (2022-2024), AAP SFR

Développement d'une méthode d'imagerie DESI-HRMS appliquée au pathosystème *A. brassicicola*/colza incluant en amont une recherche ciblée des métabolites discriminants par UPLC-Qtof (IRHS (Fungisem)/PT IMAC/PT Phyto/SONAS)



PLATEFORME

SENSO'VEG : Analyse Sensorielle



Responsable

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

Tél. : 02 41 23 56 05

Groupe ESA - 55, rue Rabelais - BP 30748 - 49007 ANGERS

Introduction

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

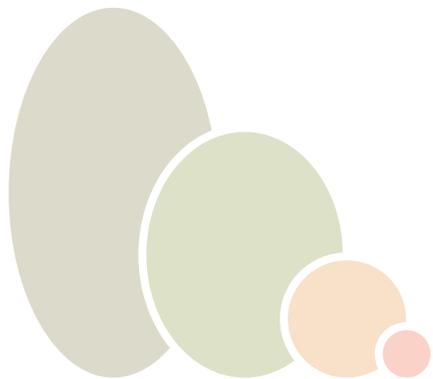
- Faire bénéficier les membres de la SFR QuaSaV des compétences et de l'expertise méthodologique pour l'analyse sensorielle des produits et l'appréciation des consommateurs ;
- Mettre à disposition l'équipement d'analyse sensorielle, les consommateurs et panels entraînés et le savoir-faire en sensométrie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

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

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.



SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

Faits marquants 2022

Mise en production des nouveaux équipements de la salle « Focus Group »

Nous avons pu organiser plusieurs séances dans notre nouvelle salle dédiée aux études qualitatives. Les sept cameras, 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 sont 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. L'utilisation d'un earphone permet une interaction directe entre l'animateur et les observateurs.

Des développements méthodologiques

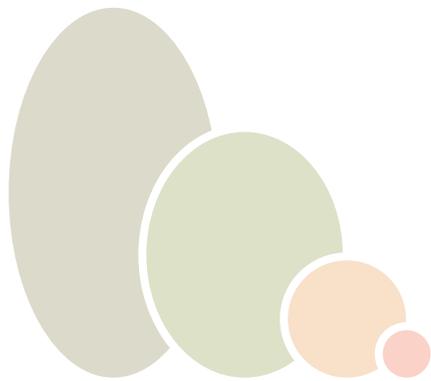
Le HRATA (Hierarchical Rate All That Apply), la nouvelle méthodologie mise au point par la plateforme dans le cadre du projet SENSTAX fait l'objet de travaux complémentaires pour améliorer l'acquisition et le traitement des données. Nous avons désormais la possibilité de l'utiliser avec une interface sous la forme d'une roue qui est beaucoup plus intuitive. Cette méthodologie est proposée en prestation sur le vin et les pommes.

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 dont les produits issus de légumes secs et le panel entraîné suit une formation dans ce sens.

La plateforme SensoVeg est impliquée dans les projets de recherche :

- **JUBILO** : Développement d'une filière JUs de pomme et de poire Bas Intrants et LOcale.
- **VSS2020** : Acceptabilité des Vins Sans Sulfites (Projet CASDAR)- Ce projet implique la plateforme dans la coordination d'enquêtes auprès de professionnels de la filière viticole.
- **FLEGME** : Preception des légumes fermentés : Un projet de sciences participatives pour une conservation plus durable des légumes et une diversification de leurs modes de consommation.
- **AGAPE** : Apport de la GAstronomie Pour Elargir la consommation de légumineuses.
- **La Chaire AAPRO** : « Avantages et acceptabilité des PROtéines alternatives (Advantages and Acceptability of alternatives PROteins) ».



SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

Axe Plantes ornementales

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

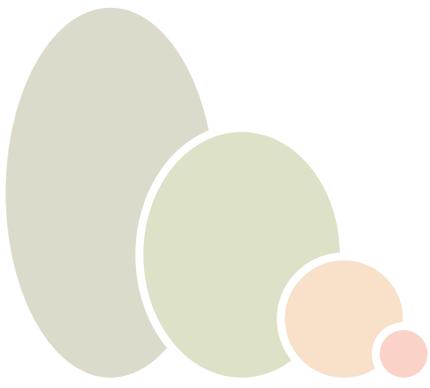
- **CREA'GAMME** : Définition de gammes de végétaux en fonction de leurs usages pour répondre aux attentes des consommateurs (FranceAgriMer & VALHOR porté par Astredhor).
- **DEXinnov** : Développer un outil d'analyse multicritère pour augmenter la performance des innovations de la filière horticole : une analyse de l'amont de la chaîne de valeur jusqu'aux consommateurs.
- **PRODECO** : PRODUCTION ECO-responsable en horticulture ornementale.

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 avec 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 sollicitée pour des consultances et formations au sein d'entreprises de la filière Fruits et Légumes.



SENSO'VEG : Analyse Sensorielle

Principales valorisations 2022

- Ugalde, D., Symoneaux, R., & Rouiaï, N. (2022). French wine buyers' expectations of an environmentally friendly wine. *Journal of Wine Research*, 33(4), 190-213.
- Symoneaux, R., Patron, C., & Brasse, C. (2022). HRA-TA: a new sensory methodology for a better aroma characterization a case study on apple (*Malus domestica*). In *XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): International Symposium on Integrative Approaches to Product Quality in 1353* (pp. 101-108).
- Anne Thierry, Florence Valence, Ronan Symoneaux, Céline Baty-Julien, Marie-Pierre Cassagnes, et al.. Les légumes naturellement fermentés, de la fabrication à la perception consommateur : état des lieux et focus sur le projet participatif français FLEGME. *Industries Alimentaires et Agricoles*, 2022, Novembre-Décembre, pp.21-24. fffhal-03920490f
- Symoneaux, R., Rozier, V. (2022) Fermented Vegetables : A survey about consumption and production in the French population *In Eurosense 2022 (Turku Finland)*

Perspectives 2023

Pour 2023, plusieurs projets de recherche sont en cours de validation et intégreront l'expertise de la plateforme SensoVeg.

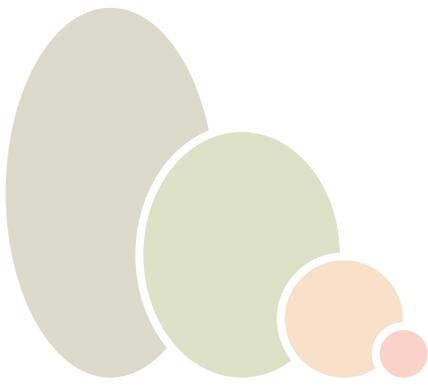
D'un point de vue méthodologique, l'accent sera mis sur le déploiement de la méthodologie HRATA qui est très prometteuse mais nécessite encore des améliorations et des adaptations à différents espaces produits. On doit notamment citer le projet ROSEHRATA qui permettra le développement d'une roue des odeurs de roses. Ce projet est financé par la SFR QUASAV et repose sur l'expertise sensorielle de l'unité GRAPPE et de la plateforme SENSOVEG couplée à l'expertise de l'unité GDO.

Le panel entraîné va également va faire l'objet d'un renouvellement avec l'intégration de nouveaux dégustateur.





Rubriques libres



LSV - BVO

Bactériologie, Virologie et OGM



Le jaunissement mortel des palmiers, dont l'agent causal principal est "*Candidatus Phytoplasma palmae*" dans la zone Caraïbes, provoque la mort des palmiers infectés entre 3 et 5 mois après l'apparition des premiers symptômes. Dans les Caraïbes, l'insecte vecteur de cette maladie est *Haplaxius crudus*. Des symptômes de la maladie ont été signalés pour la première fois en Guadeloupe en mars 2021. La présence du phytoplasme a été confirmée par PCR et analyse de séquences d'acides nucléiques. Depuis une surveillance active a été mise en place en Guadeloupe (arrêt de lutte du 9 juin 2022). Le Laboratoire de la santé des végétaux à Angers réalise les analyses de détection et caractérise la méthode de PCR en temps réel spécifique utilisée en routine. En deux ans, 1100 échantillons ont été testés dont 64 positifs répartis sur 4 foyers. Les travaux vont se poursuivre au LSV pour évaluer des méthodes alternatives de confirmation et déléguer les analyses de routine.
Référence : <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-22-1898-PDN>

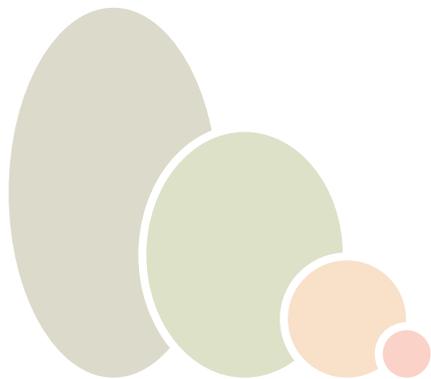


Symptômes de jaunissement sur palmier
Foyer Ste Anne mars 2022
(© I. Renaudin)

Le Physostegia chlorotic mottle virus (PhCMoV) est un nouvel agent pathogène des plantes identifié pour la première fois en 2018 en Autriche par une approche de type séquençage haut débit. Suite à cette première découverte, plusieurs équipes ont décrit ce virus sur différentes cultures dans plusieurs pays d'Europe. Afin de mieux connaître ce nouvel agent, 8 laboratoires dont le laboratoire de la santé des végétaux à Angers ont partagé leurs données de séquençage et coordonnées leurs efforts de caractérisation. Ce travail a fait l'objet d'une publication commune et a permis d'identifier le virus dans 8 pays différents et sur plusieurs échantillons historiques dont le plus ancien datait de 2002. La gamme d'hôtes végétaux naturels est passée de deux à neuf espèces réparties sur sept familles, et nous avons confirmé l'association du virus avec des symptômes graves sur fruits de cultures économiquement importantes (i.e tomate, aubergine, concombre). De plus, l'analyse phylogénétique a montré une faible variation génomique sur les 29 séquences complètes analysées. Ce travail collaboratif amené à se poursuivre sur d'autres modèles a fait l'objet d'une publication dans Plant disease :
<https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-12-21-2800-RE>



Symptômes de Physostegia chlorotic leaf mottle virus (PhCMoV) sur aubergine
(Visage, ANSES, 2018)



LSV - BVO

Bactériologie, Virologie et OGM



L'European Virus Archive – Global (EVA – Global) est une organisation à but non lucratif et un projet collaboratif initié en 2008 par des chercheurs de l'université de Marseille et financé par les fonds Horizon 2020 de l'Union Européenne. Ce projet vise à fédérer les synergies de 46 partenaires dont 27 européens et 19 non européens dans les domaines de la virologie animale, humaine et végétal. Le laboratoire de la santé des végétaux est partenaire de ce projet depuis 2020.

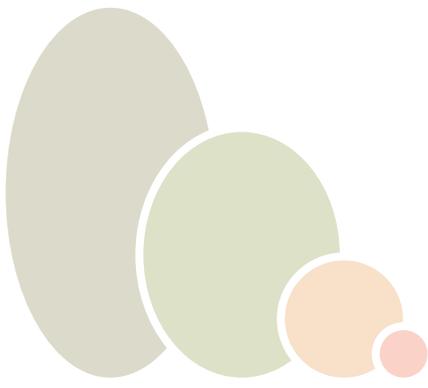
Via un web portail et son catalogue en ligne <https://www.european-virus-archive.com/Evag-Portal> ce projet permet de mettre à disposition de la communauté scientifique et de l'industrie un accès à un très grand nombre de collections et de différents matériaux dont des souches virales, des produits dérivés (i.e réactifs sérologiques, clones infectieux, acides nucléiques,...) et des services. Les partenaires veillent à ce que les produits disponibles répondent aux normes scientifiques les plus élevées en termes de sécurité, de qualité et de caractérisation. Actuellement, plus de 2000 souches virales et 1000 produits dérivés sont proposées sur le portail dont près de 15% issus du monde végétal.
Référence : <https://www.european-virus-archive.com/>



Les 31 mai et 1er juin 2023 a eu lieu un workshop consacré à la PCR digitale (dPCR) au Laboratoire de la santé des végétaux (LSV) d'Angers. La dPCR est un outil de biologie moléculaire qui permet une quantification à la fois ultra-sensible et absolue des acides nucléiques. La technologie de dPCR est en plein essor et les premières études menées par le LSV ont permis de démontrer son intérêt en santé des végétaux. Afin d'évaluer le potentiel de cette technologie innovante dans les différents domaines de compétence de l'Anses, sept laboratoires se sont regroupés dans le cadre du projet DIGIDIAG (interne à l'Anses), piloté par **Aude Chabirand, Amandine Cuntz et Méryl Le Gallo**. Ce workshop a été organisé afin de recenser et de tester les principales technologies de dPCR disponibles sur le marché. Au-delà des présentations des équipements et des technologies propres à chacun des 4 principaux fabricants-revendeurs participants, plus de 500 analyses ont pu être réalisées en 4 jours sur 4 équipements différents, dans les domaines de la santé des végétaux, la santé animale, la sécurité sanitaire des aliments et l'environnement, sur des échantillons d'ADN et d'ARN et sur des matrices très diversifiées.



Photo des participants au WS DIGIDIAG

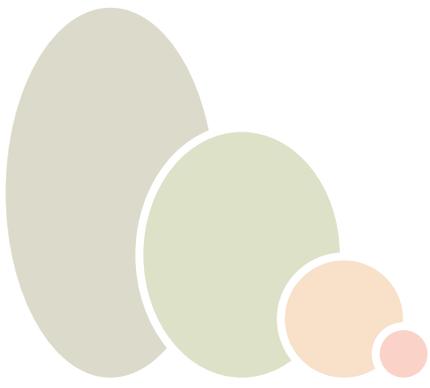


Détection de la bactérie de quarantaine *Pantoea stewartii subsp stewartii* dans des semences de maïs

Pantoea stewartii subsp. stewartii (*Pss*) est une bactérie pathogène de quarantaine qui provoque le flétrissement du maïs ou maladie de Stewart. En tant que Laboratoire National de Référence, l'Anses est en charge de la surveillance et de la détection de *Pss* dans les semences de maïs importées. La méthode de référence actuelle utilise la PCR en temps réel « Tambong » (Tambong et al., 2008) ; mais, celle-ci n'est pas assez spécifique pour différencier *Pss* de la sous-espèce *Pantoea stewartii subsp. indologenes* (*Psi*) très proche génétiquement et qui est également retrouvée sur maïs mais non pathogène. Une autre PCR en temps réel spécifique de *Pss*, la PCR « Pal » (Pal et al., 2019), a donc été validée au laboratoire. En collaboration avec le CIRM-CFBP, la PCR « Pal » a été testée sur 26 souches cibles et 140 non cibles et a montré une spécificité de 100%. La caractérisation de nouvelles souches de *Psi* isolées d'échantillons de maïs est également en cours en collaboration avec le CIRM-CFBP.



Symptômes caractéristiques de la maladie de Stewart après inoculation artificielle de *Pss* sur maïs doux



IRHS Institut de Recherche en Horticulture et Semences



L'année 2022 a été marquée dès le 12 janvier par la signature de la Convention Objectifs et Moyens entre INRAE et l'UA. Cette signature n'a malheureusement pas pu avoir lieu en présentiel au SIVAL comme initialement envisagé en raison de la situation sanitaire encore dégradée qui prévalait à l'époque. C'est donc virtuellement que cette cérémonie de signature s'est tenue. **Philippe Mauguin**, Président Directeur général d'INRAE, et **Christian Roblédo**, Président de l'Université d'Angers ont signé cette première convention d'objectifs et de moyens pour l'IRHS pour une durée de 5 ans. Cette convention marque la volonté partagée des deux établissements de renforcer et élargir leurs collaborations en matière de recherche, formation, innovation et ouverture européenne et internationale sur la thématique du Végétal spécialisé. Elle pose le cadre d'un ensemble d'actions portées et menées en commun dans une ambition d'excellence et d'attractivité nationales et internationales.

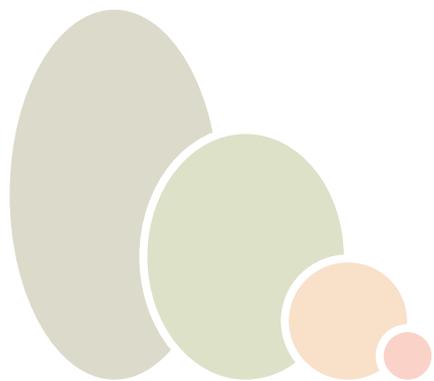
Nous avons axé cette COM sur deux Fronts de Sciences qui signent les travaux du site angevin et s'articulent naturellement avec les politiques scientifiques de nos tutelles. Le 1er front de science vise à faire de l'immunité végétale un levier pour permettre l'adaptation des plantes horticoles et des semences aux changements environnementaux et assurer la durabilité de leur protection. Il repose sur des travaux de recherche multidisciplinaires et des approches intégratives et vise à produire des génotypes résilients aux différents stress auxquels les plantes sont confrontées en culture. Le second front de science propose de piloter le microbiote pour améliorer la vigueur des plantes et leur protection. On vise ici à moduler la composition des communautés microbiennes associées aux semences et leur perception par la plante pour résister à l'invasion par des agents pathogènes et promouvoir la santé des plantes par biostimulation.

En Août 2022, s'est tenu à Angers l'IHC2022, congrès dont l'organisation était présidée par François Laurens. Le congrès international d'Horticulture est organisé tous les 4 ans sous l'égide de l'ISHS (International society for horticultural science). Avec la thématique de

la nécessaire transition que doit opérer l'horticulture, les 4 enjeux adressés aux chercheurs étaient : compétitivité et compétences pour la filière horticole, alimentation et santé, durabilité des systèmes de production et agroécologie, et enfin adaptation au changement climatique et atténuation de ses effets. Ce congrès a rassemblé plus de 2 400 participants de plus de 90 pays. A l'IRHS nous avons pu accueillir 3 tours techniques soit environ 150 participants, pour partager les résultats de nos travaux sur la génétique, la génomique et l'épigénomique des espèces pérennes, les qualités des graines, le phénotypage Haut-Débit et un focus sur les stimulateurs de défenses et les alternatives au contrôle chimique des maladies. Une très forte participation des collègues de l'IRHS, notons en particulier l'implication très forte d'**Emmanuel Geoffriau**, a contribué à l'excellent déroulement de ce congrès qui a bénéficié d'un accompagnement très étroit de la ville d'Angers.

C'est en novembre 2022 que **Maël Baudin** a rejoint l'équipe EcoFun sur la Chaire de professeur Junior FunGHyb « Hybridation et émergence de maladies fongiques chez les rosacées ». Cette CPJ de 5 ans est ouverte par l'Université d'Angers, après avis favorable du MESR et est co-financée par l'ANR. L'objectif du projet de recherche est d'identifier les facteurs (épi)génétiques influençant la valeur adaptative des hybrides au sein de l'espèce *Venturia inaequalis*. Concernant l'enseignement, les cours intégrés dans la Graduate School « Sciences et Technologies du Végétal » portent sur la microbiologie et la pathologie végétale et concernent plus particulièrement la biologie des bioagresseurs et les mécanismes de l'interaction avec la plante hôte.

En 2022, nous avons également eu la chance d'accueillir trois nouveaux collègues CR. **Julie Ferreira De Carvalho** (INRAE-BAP) a rejoint l'équipe RESPOM pour y développer un projet de recherches sur la caractérisation de la variabilité génétique des métabolites secondaires du pommier, à l'état basal ou après induction par des bioagresseurs et/ou des stimulateurs de défense des plantes, de façon à identi-



fier ceux effectivement impliqués dans l'immunité végétale à large spectre et d'évaluer leur éventuel coût métabolique pour la plante. **Jessica Dittmer** (INRAE-BAP) a, quant à elle, rejoint l'équipe EmerSys pour y développer un projet de recherche en écologie évolutive des phytobactéries. Ses travaux de recherche se focaliseront sur la compréhension des mécanismes de l'évolution adaptative de *Xylella fastidiosa* et ses interactions avec son environnement biotique. **Romain Larbat** (INRAE-AgroEcoSystem) a rejoint l'équipe RESPOM pour conduire un projet de recherches visant à comprendre l'impact de contraintes climatiques sur l'immunité du pommier et son induction par des stimulateurs de défense des plantes.

Nous avons également eu le plaisir d'accueillir 7 autres nouveaux collègues en 2022. — **Camille Billion** (IE INRAE, secrétaire générale des GIS accueillie à l'IRHS) et **Aurélien Petiteau** (IE, INRAE) ont rejoint l'équipe VADIPOM, — **Mathias Bonafos** (IE UA), **Émile Durand** (TR INRAE), et **Kaat Hellyn** (TR INRAE) ont intégré PHENOTIC. — **Pejman Rasti** (MC ESAIP) et **Salma Samiei** (MC ESAIP) du LARIS ont rejoint l'équipe IMHORPHEN.

Sous un mode plus festif, l'année 2022 a été celle des 10 ans de l'IRHS que nous avons célébrés le 24 juin 2022. Lors de cette journée très agréable, les échanges furent nombreux entre collègues qui ont quelque fois peu d'occasions de se croiser. Nous avons pu participer ou assister à la finale d'un tournoi de pétanque qui s'est déroulé sur les 2 précédentes semaines. Un pique-nique participatif a permis de découvrir de délicieuses spécialités, nos musiciens et paroliers avaient retracé ces 10 ans de manière originale et enfin de nombreuses activités se sont déroulées l'après-midi. Cette journée a été l'occasion de remercier Jean-Pierre Renou pour ses 10 ans à la tête de l'IRHS.

Thèses commencées en 2022

Andréa Bouanich

Évolution du génome du pommier : étude bioinformatique des épigénomes pour explorer le devenir des gènes post WGD par une approche intégrative multi-omique. Direction de thèse: Claudine Landès, Jean-Marc Celton (ég. BIDEFI/VALEMA)

Amélie Caddeo

Modélisation du réseau métabolique du microbiote de la graine. Direction de thèse : M. Barret (ég. EmerSys)

Jérôme Bernardino

L'aldaulactone, une toxine au cœur de l'interaction carotte *A. dauci* : voie de biosynthèse, modes d'action et mécanismes de résistance (RESALD). Direction de thèse: Pascal Poupard, Romain Berruyer, Nelly Bataillé-Simoneau (ég. FUNGISEM)

Axelle Frantz

tAGGeted : Identification et caractérisation de protéines de défense guidées par les amaranthines du pommier pour la résistance au feu bactérien. Direction de thèse: Marie-Noëlle Brisset, Alexandre Degrave, Matthieu Gaucher (ég. ResPom)

Romane Lapous

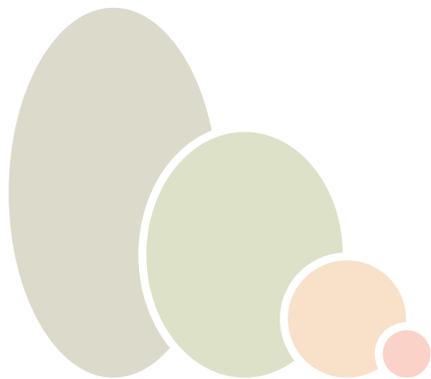
MétaboRES - Métabotypage de la résistance génétique ou induite par SDP et phénotypage NIRS pour identifier et monitorer les métabolites responsables de la résistance à la tavelure du pommier. Direction de thèse: CE Durel, J. Ferreira-De-Carvalho, Hélène Murranty (ég. ResPom)

Louis Broussard

Étude du métabolome de la sève élaborée et de son contrôle par la photosynthèse. Direction de thèse: G. Tcherkez, J. Lothier (ég. SMS)

Bastien Gouffier

Interaction des métabolismes de l'azote et du soufre et performance des génotypes pendant l'établissement précoce des plantules de légumineuses. Direction de thèse: B. Teulat, G. Tcherkez, A. Limami (ég. SMS)



IRHS

Institut de Recherche en Horticulture et Semences

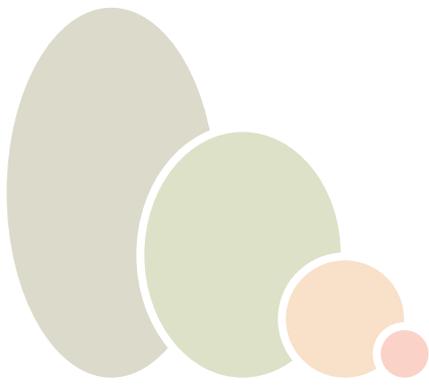


Zhengrong Jiang

Role of ARR (Type B-Arabidopsis Response Regulators) in the regulation of rose bud outgrowth in response to the cross talk between sugars and hormones signaling.
Direction de thèse: Ganghua LI, S. Sakr (éq. STRAGENE)

Post-docs accueillis en 2022

Naoto Sano, de nationalité Japonaise
Lukasz Tarkowski, de nationalité Polonaise,
ont rejoint l'équipe SEED pour travailler sur le projet ANR JCJC de **Jérôme Verdier** DESWITCH



GRAPPE

Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés

L'USC GRAPPE a fini son évaluation HCERES durant cette année. Elle a également demandé le renouvellement de l'USC à INRAE département ACT, qui a été accepté. Au niveau de l'organisation de l'unité, **Chantal Maury** a repris la direction de l'unité, **Pierre Picouet** étant pleinement devenu le Directeur de la Recherche et de la Valorisation à l'ESA.

Diana Ulgade a soutenu sa thèse en janvier. Elle portait sur « Conception d'une démarche participative avec des consommateurs et des viticulteurs pour améliorer le déploiement et la valorisation de pratiques environnementales dans le vignoble. Étude de cas au sein du Cabernet d'Anjou ».

L'ESA a organisé le colloque de fin de projet AVATEC « Accompagner et Valoriser l'évolution Agroécologique des Territoires viticoles sous signe de qualité d'origine, Ecoconception, Communication auprès des Consommateurs ».

Par ailleurs, **Amel Hedhili** a pu prolonger son contrat de post-doc en tant qu'enseignante-chercheur en remplacement d'un congé maternité. Elle a ainsi continué à travailler dans le cadre de la chaire AAPRO sur la transition protéique.

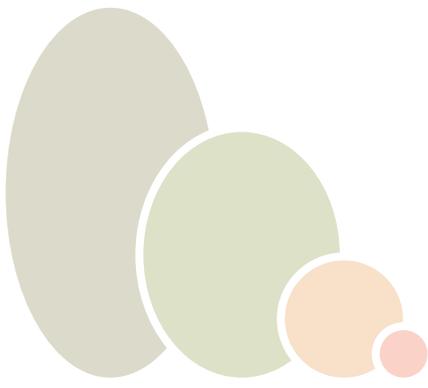
La cellule étude consultation du GRAPPE a travaillé cette année sur 25 projets pour des centres techniques, des laboratoires de recherche ou de R&D, des semenciers, des groupements de producteurs ou producteurs de fruits et légumes et des inter-professions. Les projets ont consisté en des formations ou consultations pour développer l'expertise techniques des équipes de nos clients, réaliser des analyses physico-chimiques ou des profils sensoriels sur leurs produits, déterminer l'appréciation de leurs produits ou concepts via des tests consommateurs et des tables rondes, développer un atlas climatique ou encore leur louer nos locaux ou équipements.

Nouvelles thèses commencées en 2022

Pas de thèse commencée en 2022.

Nouveaux post-docs commencés en 2022

Pas de post-doctorant démarré en 2022.



LEVA

Laboratoire de Biologie et Pathologie Végétales

En 2022, le LEVA a accueilli deux jeunes enseignants-chercheurs en agroécologie. Ainsi, **Xavier Bousselin**, doctorant de notre unité, a été recruté sur le site ESA d'Angers, après sa soutenance. **Amira Beroueg** a été recrutée pour assurer les enseignements sur le nouveau site francilien de l'ESA de Saint-Quentin-en Yvelines ; membre du LEVA, elle réalisera sa recherche en partenariat avec l'UMR Agronomie.

Après **Xavier Bousselin**, **Eva Revoyron** et **Laure Boeglin** ont soutenu leurs thèses au cours de l'année civile 2022. L'unité a aussi accueilli **Francesco Angeletti**, doctorant de l'université de Pise dans le cadre d'une mobilité de six mois durant laquelle il a réalisé un essai d'association féverole-orge. Il a ainsi appris et pratiqué certaines méthodes isotopiques d'estimation des quantités d'azote fixé, rhizodéposé et transféré à la plante compagne au sein de l'association.

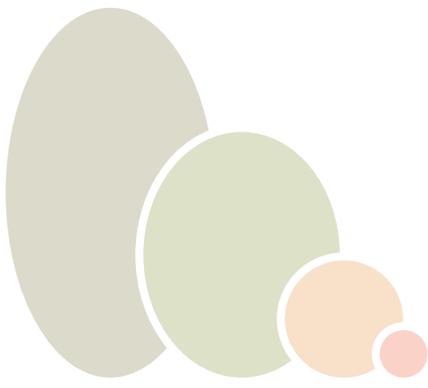
Une nouvelle doctorante, **Margaux Guy**, a commencé sa thèse dans le cadre du projet ANR PEPR SPECIFICS, co-financée par le Département AgroEcoSystem de INRAE et la Région Pays-de-la-Loire. Le sujet de la thèse est le suivant : "Arrangements spatio-temporels innovants pour faciliter la production de légumes secs" (Directrice de thèse **Guénaëlle Corre-Hellou**, co-encadrant **Mathieu Lorin**).

Le projet PEPR JACK piloté par le GRAPPE a été accepté. Il posera les bases d'une étroite collaboration entre GRAPPE et LEVA visant à étudier les liens entre modes de cultures et conditions environnementales sur les propriétés culinaires des légumes secs.

Dans le cadre du projet PRIMA DiVicia piloté par le LEVA, le Workshop EcoLeg pour les jeunes chercheurs a été organisé à l'ESA, comprenant des sessions de présentations de résultats et d'échanges scientifiques ainsi qu'une formation au diagnostic nodulaire sur le terrain.



Essai blé-féverole, station expérimentale d'Ancona (Italie) dans le cadre du projet PRIMA DiVicia (Photo UNIVPM)



L'exposition préalable à une dose sublétales d'insecticide permet aux blattes de se protéger d'un traitement ultérieur à cet insecticide

Au cours de l'année 2022, des membres du laboratoire SiFCIR ont publié des travaux en collaboration avec **M. Siegwart** et **S. Maugin** (UR115 PSH, INRAE, Avignon) sur l'exposition des blattes à une dose sublétales d'insecticide qui ont fait l'objet d'un article de presse sur le site web de l'INRAE.

<https://www.inrae.fr/actualites/lexposition-prealable-dose-subletale-dinsecticide-permet-aux-blattes-se-protger-dun-traitement-ulterieur-cet-insecticide>

La lutte contre les insectes, qu'ils soient des ravageurs des cultures ou des parasites pour l'homme, les animaux domestiques ou de compagnie est rendue difficile par le développement de résistances aux insecticides. Durant de nombreuses années, les scientifiques ont étudié les mécanismes impliqués dans la résistance des insectes exposés à une dose importante d'insecticides. Nous nous sommes intéressés cette fois-ci à l'exposition des insectes à une dose sublétales d'insecticide et nous avons ainsi pu mettre en évidence un mécanisme original impliqué dans la diminution de la sensibilité des blattes à un traitement insecticide.

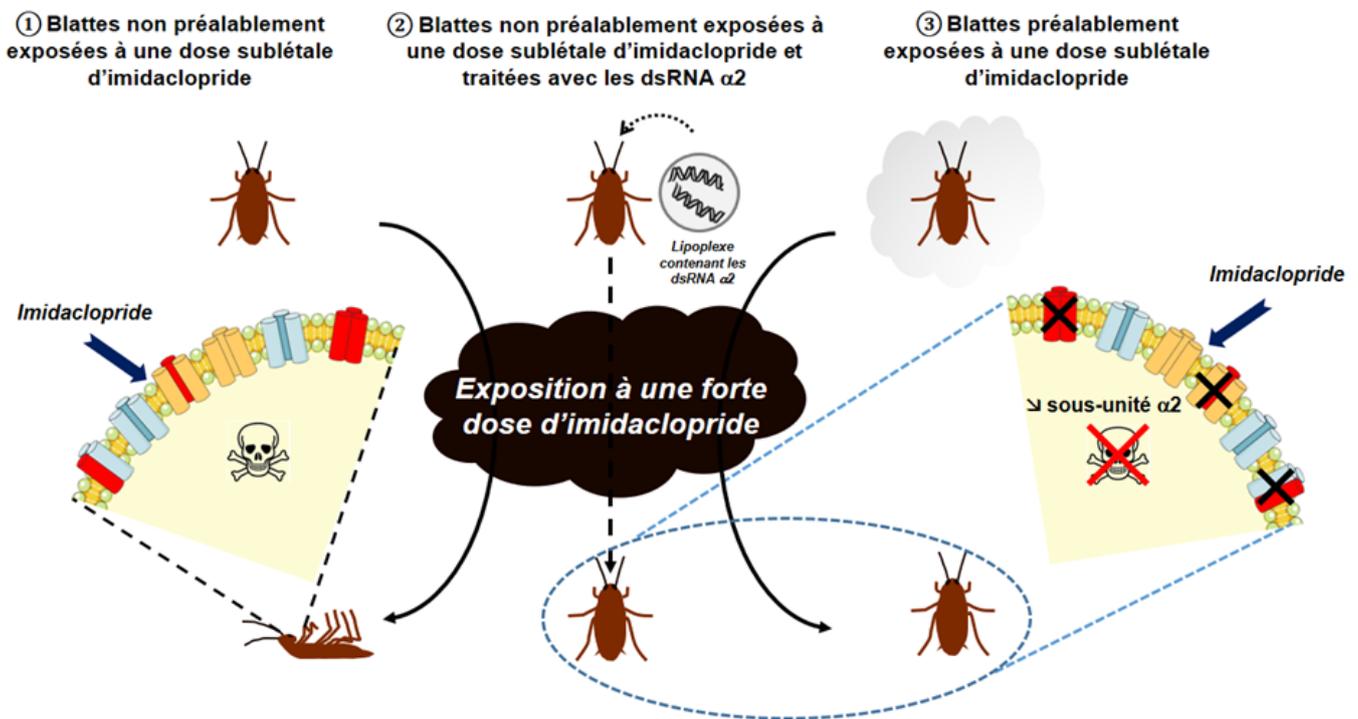
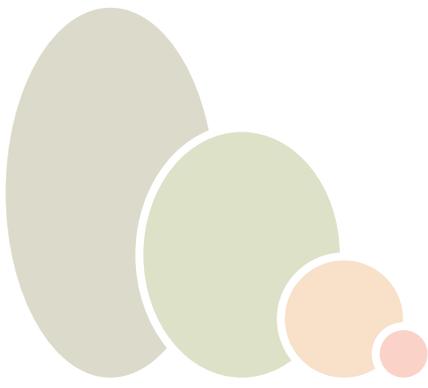


Figure : Les blattes préalablement exposées à une dose sublétales d'imidacloprid pendant 30 jours (3) modifient l'expression de la sous-unité $\alpha 2$ de leurs récepteurs nicotiniqes les rendant moins sensibles à l'insecticide lors d'une exposition ultérieure à forte dose comparées aux blattes non préalablement exposées (1). Le même effet est obtenu sur des blattes non préalablement exposées à la dose sublétales d'imidacloprid chez lesquelles l'expression de la sous-unité $\alpha 2$ des récepteurs nicotiniqes a été diminuée en utilisant des ARN double brins (dsRNA $\alpha 2$) (2) suggérant l'implication de ce gène dans ce mécanisme. Modifiée d'après Bantz et al, 2022.



Une réflexion a été menée sur l'utilisation de pseudo-particules virales dans le développement de nouvelles stratégies de lutte contre les ravageurs de culture.

Les pseudo-particules virales sont largement utilisées en santé humaine, elles présentent l'avantage d'être dépourvues de matériel génétique. Des chercheurs du laboratoire SiFCIR en collaboration avec des membres de l'équipe DGIMI (UMR 1333 INRAE, Montpellier) ont écrit une revue dans laquelle ils proposent que ces particules pourraient être utilisées comme agent synergisant dans de nouvelles stratégies de lutte contre les insectes ravageurs des cultures (Deshayes et al., 2022).

Thèse soutenue en 2022

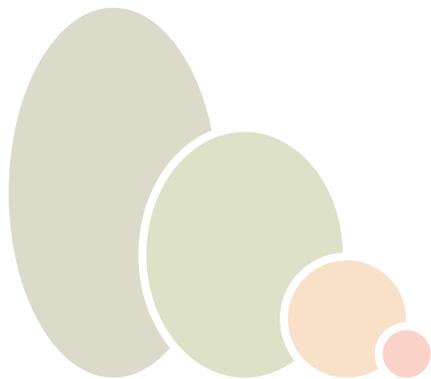
En juillet 2022, **A. Pilon** a soutenu sa thèse intitulée :

Les récepteurs muscariniques peuvent-ils être considérés comme facteur clé dans le développement de nouvelles stratégies de lutte contre les insectes vecteurs de maladies ?

Cette thèse a été co-encadrée par **V. Raymond** et **D. Goven**.

Nouvelle thèse commencée en 2022

Marine Galloux a rejoint le laboratoire SiFCIR en octobre 2022 dans le cadre de sa thèse portant sur le développement d'une nouvelle formulation pour lutter contre les insectes nuisibles : co-encapsulation d'un agent synergisant et d'un insecticide.



SONAS Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux



Après deux années contrariées par la pandémie, la production scientifique de l'équipe a recouvré un niveau élevé (15 articles en 2022).

Projets

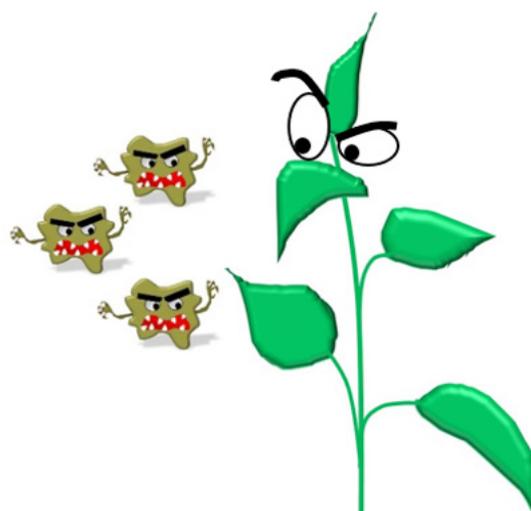
Parmi les principaux projets débutés cette année, deux s'inscrivent dans la continuité des travaux de l'équipe sur la protection des cultures, les projets Sensinat (Plan de relance) et Sensichem (Chaire régionale d'application). Ils consistent à identifier des molécules naturelles (Sensinat) ou concevoir des analogues de synthèses (Sensichem) capables de restaurer l'efficacité des défenses naturelles de plantes cultivées grâce à l'inhibition de protéines des phytopathogènes fongiques. Ces deux projets sont réalisés en collaboration avec Green Impulse, une start-up locale spécialisée en protection des cultures ainsi qu'avec l'équipe IRHS-Fungisem, partenaire historique du SONAS sur cette thématique de recherche de molécules susceptibles de perturber les mécanismes de défense des phytopathogènes fongiques.

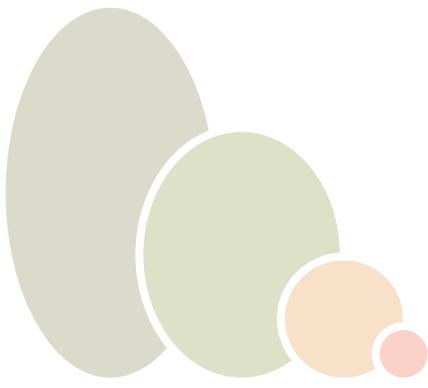
Doctorants et post-doctorants

Shannon Pecnard a rejoint l'équipe au printemps sur le projet DIVE « Doubles inhibiteurs inspirés de la vitamine E ciblant 5-LO et mPGES-1 » (Post-doctorant, financement ANR PRCI (03/2022-02/2023), supervision : J-J Helesbeux).

Sekhou Cisse a soutenu en avril sa thèse intitulée « Caractérisation fine d'un extrait de Citrus et évaluation de ses effets sur le microbiote de monogastriques d'élevage. Développement d'un modèle alternatif pour l'étude des effets d'une supplémentation alimentaire sur le microbiote animal » (Thèse CIFRE Labcom Feed In Tech / partenaire NorFeed).

Fatima Aberkane a débuté au 1er décembre une nouvelle thèse CIFRE dans le cadre du Labcom Feed In Tech, avec pour sujet « Supplémentation à base d'extraits de plantes en alimentation animale. Comparaison des modes d'action par approche métabolomique et modélisation » (dir. **D.Guilet**, co-encadrants **S. Boisard** et **A. Benarbia** (NorFeed)).





Évaluer rapidement germination et vigueur des semences potagères : une collaboration franco-japonaise pour un projet international de 2 ans



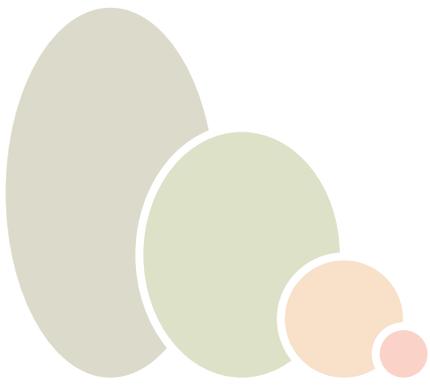
Le projet VIGERM financé par l'ISTA a démarré avec l'accueil au GEVES d'un enseignant-chercheur de l'Université d'Agriculture de Tokyo pour évaluer, en serre ou au champ, la vigueur de 5 potagères de la famille des Brassicacées : chou-fleur, chou, radis, moutarde brune et chou chinois.

Des cinétiques de germination (obtenues sur la plateforme PHE-NOTIC) et de conductivité ont été également réalisées au laboratoire afin de développer des tests rapides pour évaluer germination et vigueur de ces espèces. Les résultats ont montré qu'un comptage précoce de la germination (48h à 20°C ou 20/30°C) permettait d'avoir une bonne prédiction de la qualité physiologique des lots, notamment pour le chou-fleur (Shinohara et al., 2021). Cet essai d'émergence de la radicule pourrait être automatisé en utilisant l'imagerie RGB (Ducournau et al., 2022) ou multispectrale (Wagner et al., 2022a).

Des essais inter-laboratoires ont finalement été organisés par le GEVES et 192 échantillons de *Brassica oleracea* et *B. juncea* ont été envoyés aux laboratoires volontaires des comités techniques de germination et de vigueur de l'ISTA. L'objectif de ces essais est de s'assurer de la reproductibilité de cette mesure précoce de l'émergence de la radicule obtenue manuellement ou par imagerie avant de proposer une méthode standardisée internationale. Ce projet a bénéficié d'un pilotage franco-britannique associant deux comités techniques de l'ISTA (Wagner et al., 2022b).

Références

- Ducournau S., Shinohara T., Matthews S., Wagner M.-H., Powell A.A., 2022. RGB Image analyses assesses radicle emergence to predict normal germination and vigour in *Brassica* species. ISTA Seed Symposium, 02-04 November, Athens, Greece.
- Shinohara T., Ducournau S., Matthews S., Wagner M.-H. and Powell A. A., 2021. Early counts of radicle emergence, counted manually and by image analysis, can reveal differences in the production of normal seedlings and the vigour of seed lots of cauliflower. *Seed Science and Technology*, 49, 3, 219-235.
- Wagner M.-H., Dupont A., Matthews S., Powell A.A., Shinohara T., Ducournau S., 2022a. Radicle emergence test can be assessed using multispectral imaging for *Brassica oleracea*. ISTA Seed Symposium, 02-04 November, Athens, Greece.
- Wagner M.-H., Ducournau S., Dupont A., Shinohara T., Matthews S., and Powell A.A., 2022b. ISTA Special Project 19-3-VIGERM: rapid testing methods for *Brassica* seeds. *Seed Testing International* 163 : 21-23.



Détection par séquençage de pathogènes transmis par les semences

Le GEVES coordonne un projet collaboratif nommé Barcoding Fusarium et financé par l'ISTA pour le développement et validation d'une méthode d'identification de souches de *Fusarium* et *Microdochium* isolées de semences de céréales (blé, orge, avoine...) par séquençage Sanger. Plusieurs partenaires participent à ce projet, dont des laboratoires d'Amérique et d'Europe. En 2022, les partenaires du projet se sont réunis par visioconférence pour identifier les gènes fongiques à séquencer pour permettre la bonne identification par barcoding des souches de champignons obtenues dans le cadre d'analyses sanitaires sur semences.

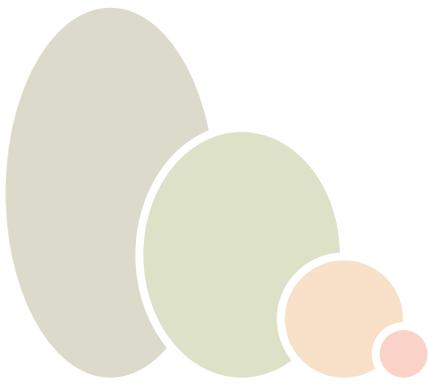
Le GEVES est également engagé dans un projet collaboratif, nommé Projet Défi, avec des partenaires de la SFR Quasav à Angers (UMR IRHS et Plateau ANAN). Ce projet permettra d'évaluer une approche de séquençage NGS et métabarcoding pour la détection et l'identification des *Fusarium* directement sur semences de céréales sans étape préalable d'isolement.

Une expertise semences au service de la R&D pour les solutions de protection et de stimulation des semences.



Le GEVES poursuit le développement de son expertise en matière de méthodologies d'évaluation des solutions de biocontrôle et de biostimulants pour semences et plantules, au service des filières et de la transition agroécologique. Cette volonté s'est traduite en 2022 par l'implication du GEVES dans plusieurs projets de recherche (SUCSEED, ASCOLUP, ACTIFOL) et dans le montage du projet SEEDBIOPROTECT (2023-2026), afin d'accompagner le développe-

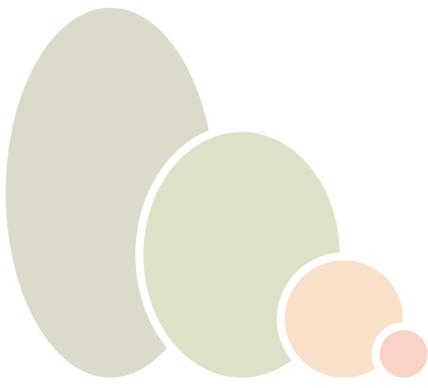
ment de connaissances et de méthodologies pour l'évaluation de l'effet de ces nouvelles solutions. Du côté biocontrôle, de nombreuses évaluations ont été réalisées pour un nombre toujours plus important d'opérateurs faisant appel à l'expertise semences du GEVES entraînant notamment un développement du chiffre d'affaires lié à cette activité. Quatre nouveaux pathosystèmes ont ainsi été mis au point cette année : *Fusarium*-tournesol / *Fusarium*-colza / Mildiou-chou / *Pythium*-carotte. Côté biostimulant, de nouvelles méthodes quantitatives et dynamiques sont en cours de mise au point afin de mesurer l'efficacité de stimulation de traitements de semences basées sur la vitesse de germination, de croissance et de développement racinaire par analyse d'images. Ces méthodes permettront notamment, à terme, de remplacer les mesures chronophages et destructives de biomasses végétales. Enfin, le GEVES a piloté la révision d'une méthode CEB dédiée à l'évaluation de produits de traitements des semences de céréales à paille et contribue aux travaux du RMT BESTIM.



Exploration de méthodes pour détecter les insectes dans les lots de semences

La relation entre insectes ravageurs et semences est une problématique croissante car les dommages causés par les insectes aux champs et/ou durant le stockage peuvent avoir des impacts importants en termes environnementaux et économiques. De ce fait, les restrictions imposées par les pays sont de plus en plus fortes et actuellement, les règles ISTA ne fournissent pas de méthodes permettant aux laboratoires de répondre à ces demandes. Pour cette raison, un projet international financé par l'ISTA et piloté par le GEVES a été réalisé sur 3 ans afin d'explorer différentes méthodes présentant un potentiel pour détecter les insectes dans les lots de semences.

Plusieurs pathosystèmes insectes/semences ont été sélectionnés avec une priorité donnée aux insectes concernés par les passeports phytosanitaires ou en tant que modèles d'étude. Des recherches bibliographiques ont permis d'identifier les méthodes existantes à tester pour chaque pathosystème en corrélation avec le type d'insectes et de semences. De ce fait, les pathosystèmes suivants et représentatifs du type d'insectes (*Bruchus* sp./Lentille ; *Acanthoscelides obtectus*/Haricot et *Sitophilus granarius*/Blé) ont été testés avec les méthodes suivantes : piège de Berlese, tamisage, inspection morphologique, radiographie 2D, consommation d'oxygène et imagerie multispectrale. En parallèle, l'identification visuelle et le barcoding ont été testés pour l'identification des insectes. Les résultats sont en cours d'exploitation et un workshop sera organisé en 2023



VEGEPOLYS VALLEY



Fin 2022, le pôle de compétitivité VEGEPOLYS VALLEY compte **610 adhérents** répartis sur tout le territoire français. Il est implanté sur 4 régions : Bretagne, Pays de la Loire, Centre Val de Loire, Auvergne Rhône Alpes. Les Pays de la Loire sont un territoire fort d'implantation avec 225 adhérents (37% du total) dont 181 entreprises.

Les adhérents sont des entreprises (80%), des organismes de recherche, expérimentation et enseignement (10%), des structures représentatives, des organismes de développement et des chambres consulaires (10%). VEGEPOLYS VALLEY couvre l'ensemble des productions végétales (grandes cultures, maraichage et arboriculture, horticulture ornementale, viticulture et cidriculture, semences, plants et plantes aromatiques et médicinales et toutes les nouvelles cultures végétales.

Le pôle est actif sur toute la chaîne de valeur, de la génétique aux usages, ce qui en fait un pôle unique en son genre.

La mission du pôle est de soutenir et rassembler les acteurs du végétal pour faire naître les innovations qui feront le monde de demain. Il stimule et accompagne la co-conception des innovations de l'amont à l'aval. L'équipe du pôle compte 37 personnes dont 21 en Pays de la Loire et des implantations à Clermont-Ferrand, Roscoff, Orléans et Lyon.

En 2022, le pôle a préparé son contrat avec l'État pour la phase 5.

Il a identifié 5 défis majeurs pour ses adhérents :

- S'adapter aux **changements climatiques** #eau #sol #température #phénologie #événements extrêmes #calendrier
- Assurer la transition **Agroécologique** #biodiversité #environnement #carbone #économie de ressources
- Assurer une **sécurité alimentaire** #souveraineté #qualité #santé
- Conjuguer le développement des usages **alimentaires et non alimentaires** #alimentation #énergie #matériaux #bioéconomie
- Maintenir **compétitivité et pérennité** des filières #main-d'œuvre #industrialisation #résilience #énergie #productivité #nouvelles filières #relocalisation

Outre les **7 axes d'innovation** (Cf. <https://www.vegepolys-valley.eu/le-pole/les-axes-d-innovation/>), il a structuré **7 leviers de performance** dont Intelligence économique, Europe et international, Emploi et formation, Stratégie d'entreprise durable,...

Son **offre de service** est structurée autour de 3 principaux axes :

Booster vos projets :

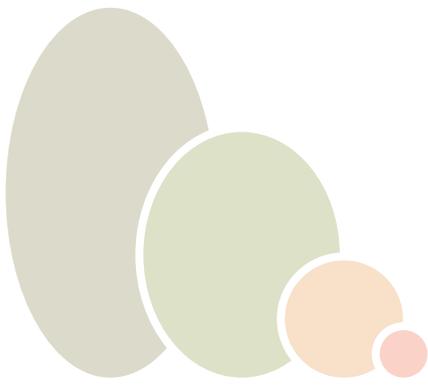
- Accompagnement de projets individuel, collaboratifs, collectifs, européens
- Labellisation / soutien
- Intégration dans des projets pré-compétitifs
- Actions collectives (international, compétences, stratégie, consommateurs, ...)

Développer votre réseau

- Accès au réseau,
- Mise en relation

Enrichir vos connaissances

- Animations et événements
- Veille



VEGEPOLYS VALLEY



En 2022, l'équipe du pôle sous la houlette de sa Vice-Présidente Recherche qui n'était autre que la Présidente du Centre INRAE Angers-Nantes (depuis, la Vice-Présidence Recherche est désormais assuré par le Président du Centre INRAE de Clermont Auvergne-Rhône-Alpes) a mis en place une **offre de services dédiée aux chercheurs** pour mieux leur expliquer ce que le pôle peut faire pour eux : « **7 RAISONS POUR UN CHERCHEUR D'UTILISER LE PÔLE** » :

- Faire connaître ses expertises et ses résultats de recherche aux professionnels
- Identifier des partenaires professionnels pour ses projets et accentuer l'impact de ses recherches
- Participer à des groupes de travail du pôle pour construire des projets partenariaux
- Faire labelliser ou soutenir ses projets et attester de leur utilité/intérêt pour les filières et/ou les entreprises du pôle
- Rejoindre des consortiums européens
- Participer à l'orientation des actions du pôle
- Bâtir ensemble un écosystème fort et dynamique, soutenu par les territoires

En 2022, l'**INRAE et VEGEPOLYS VALLEY ont bâti un accord** afin d'augmenter, qualitativement et quantitativement, les collaborations entre les 2 structures tant à l'échelle régionale, nationale qu'européenne qui a été signé le 3 mars 2023 au Salon International de l'Agriculture.

L'activité du pôle autour des projets :

91 projets de R&D déposés, labellisés ou soutenus, dont 19 avec un rayonnement régional, 47 national et 25 européens. Le lancement de plusieurs appels à projets France 2030 a eu un impact significatif sur le nombre de projets présentés au niveau national et sur le nombre global de projets ? 33 projets impliquent des partenaires ligériens. Fin février 2023, déjà 37 projets sont financés et 6 toujours en attente de réponse.

Le Comité de labellisation et d'Orientation de la Stratégie Innovation qui étudie la labellisation et le soutien des projets CLOSI s'est réuni 10 fois en séance plénière et aussi pour 3 séances en comité restreint. Sur ses 32 membres, le comité compte 14 ligériens dont 5 issus de QUASAV.

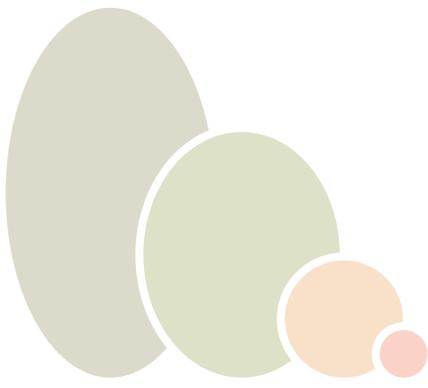
Organisation de la 7eme édition du Concours de start-ups de VEGEPOLYS VALLEY avec un lauréat issu de la région Pays de la Loire, Aqualeaves, une entreprise créée par un étudiant de l'Institut Agro Rennes-Angers qui vise à créer un "écosystème" de capteurs et d'outils permettant de piloter l'irrigation avec une grande précision, en réponse aux crises hydriques de plus en plus fréquentes.

Les projets européens

Le pôle intègre une cellule Europe qui vise à accompagner les adhérents vers les projets européens d'innovation. Cette cellule s'appuie sur le réseau international du pôle pour repérer des propositions d'intérêt.

En 2022, le pôle a soutenu l'intégration de 37 adhérents dans des projets européens dont 3 sont financés représentant 1.1M€ de fonds européens pour les adhérents.

Le pôle a été intégré 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" avec le portage d'un projet d'interclustering.



VEGEPOLYS VALLEY



Les projets TETRAE

Le pôle s'est investi au côté des chercheurs pour favoriser l'insertion d'acteurs économiques dans le montage de ces projets. Ainsi le pôle est partenaire du projet Translag en Pays de la Loire.

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

- Lancement du projet FLORAGRI sur les végétaux sauvages herbacées d'origine locale
- Continuation des projets CLIMAVEG, SERRES +
- Clôture de FLEGME
- Implication dans la structuration de projets TETRAE en régions Auvergne Rhône-Alpes et Pays de la Loire

Initiatives de développement des entreprises et des filières

— 1 bulletin mensuel de veille économique et la création de 3 nouvelles lettres de veille thématiques : Innovation variétale, santé des plantes, nouvelles tech et végétal urbain

— 1 Etude prospective globale

Le carrefour des adhérents centré sur les souverainetés (alimentaire, énergie, numérique, intrants)

L'international

- Participation à 3 salons : Fruit Logistica Berlin, Green Tech Amsterdam, ABIM
- Renouveau du VIBE, convention d'affaires internationales lors du SIVAL 22
- Poursuite des relations avec le réseau PIC (plant intercluster)

La formation

Plus de 600 étudiants aux Rencontres des Etudiants Végépolytains organisées durant sur plusieurs jours à Angers sur le site de Terra Botanica, en partenariat avec Terre des Sciences mais également cette année lors du salon du végétal. Il s'agit de présenter l'écosystème végétal professionnel aux étudiants des formations végétales sous la forme d'un escape game.

La communication

Congrès IHC2022 : L'année a été marquée par l'accueil du congrès mondial de l'horticulture à Angers qui s'est tenu en août 2022. VEGEPOLYS VALLEY a été un acteur majeur de l'organisation de ce congrès aux côtés d'INRAE, du CIRAD, de l'Institut Agro, de l'Université d'Angers et de Destination Angers. Il a réuni 2500 congressistes (chercheurs, instituts techniques et partenaires professionnels du végétal spécialisé) venus du monde entier (plus de 80 nationalités représentées). Pour le pôle ce fut l'occasion de soutenir sa communauté scientifique.



Glossaire

Unités de recherche

IRHS | Institut de recherche en horticulture et semences
Inrae, 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

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
Institut Agro

BVO | Bactériologie, virologie, OGM
Anses

Équipes associées

Rhizosphère de l'US2B | Équipe interactions plante-plante et signaux rhizosphériques, Unité en Sciences Biologiques et Biotechnologiques
Nantes Université, CNRS

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

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

Partenaires

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

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

Plateaux Techniques Mutualisés

ANAN | analyse des acides nucléiques

IMAC | imagerie cellulaire

COMIC | collection de microorganismes

PHYTO | analyses phytochimiques

Plateformes Technologiques

PHENOTIC | phénotypage des semences et des plantes

SENSOVEG | analyses sensorielles

Glossaire équipes IRHS

BIDEFI | Bioinformatics for plant Defense Investigations

ECOFUN | Écologie évolutive des champignons

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

FUNGISEM | Pathologies fongiques des semences

GDO | Génétique et Diversité des plantes Ornementales

IMHORPHEN | Imagerie pour l'Horticulture et le Phénotypage

QUARVEG | Qualité et résistance aux bioagresseurs des espèces légumières

RESPOM | Résistance du pommier et du poirier aux bioagresseurs

SEED | Semences, Environnement et Développement

SMS | Seedling, Metabolism and Stress

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

STREMHO | Stress et Mémoire des Plantes Horticoles

VALEMA | VALORIZATION of Epigenetic Marks in Plants

VADIPOM | Valorisation de la Diversité des Pomoïdées

