



Pôle recherche Végétal
SFR QUASAV

Faits marquants 2024



Structure Fédérative de Recherche
Qualité et Santé du Végétal





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 2024.

A travers ses missions, la SFR QuaSaV joue un rôle fédérateur essentiel autour des thématiques du végétal sur le territoire ligérien. Elle agit pour soutenir le développement des sciences du végétal spécialisé en mutualisant les moyens, en soutenant les plateformes et en favorisant le développement de partenariats scientifiques et appliqués (notamment avec Végépolys-Valley et les instituts techniques). L'animation scientifique de la SFR s'articule 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 activement aux instances de la politique scientifique locale, régionale et inter-régionale afin de maintenir et renforcer la cohésion et l'attractivité du pôle végétal.

Au coeur de la SFR se trouvent ses différentes plateformes, dont vous trouverez dans ce recueil, la présentation, le bilan et les perspectives. Ainsi COMIC a évolué pour devenir HIMIC, une nouvelle plateforme de culturomique, gérée par l'IRHS et reconnue par la SFR. Cette année, la SFR a poursuivi son soutien au développement des plateformes en finançant trois nouveaux projets méthodologiques pour une somme totale de 20 k€ : les projets ERICA (soutien à PHENOTIC), DESIMIK (soutien à PHYTO) et LOCPOM (soutien à IMAC) en lien avec des équipes de recherche de la SFR. Les plateformes ont également bénéficié du soutien de la SFR pour l'acquisition de nouveaux équipements, ainsi que de celui des CPER PHIMO et IMAXVEG.

Comme chaque année, les unités de la SFR ont accueilli de nouveaux doctorant.e.s (12 en 2024) et post-doctorant.e.s (5 en 2024). Nous tenons tout particulièrement à féliciter les 12 nouveaux docteur.e.s qui ont soutenu leur thèse en 2024. Le 19 novembre 2024, s'est tenue la Journée des doctorants de la SFR, moment fort de la vie de notre structure. Neuf doctorant.e.s en deuxième année y ont présenté leurs travaux. Un grand bravo à l'ensemble des doctorant.e.s, en particulier aux deux lauréats du prix de la JDD, ainsi qu'aux organisateurs de cette journée. Toujours en faveur des jeunes chercheurs (doctorant.e.s et post-doctorant.e.s), la SFR a mis en place un nouveau dispositif de soutien financier permettant à chaque doctorant.e d'inviter un conférencier étranger au cours de sa thèse. Ces échanges favoriseront l'ouverture internationale, le développement de collaborations et la préparation de futurs post-docs, tout en permettant à nos collègues étrangers de découvrir la recherche angevine sur le végétal.

La SFR s'est également engagée dans le soutien de l'interdisciplinarité à travers diverses actions. Vous trouverez dans ce recueil un bilan des deux premiers projets interdisciplinaires menés avec la SFR ICAT dans le domaine de la santé. En 2024, quatre nouveaux projets ont été financés (5000€ chacun) en collaboration avec des équipes de la SFR ICAT (Santé) et de la SFR MathSTIC (mathématiques). On peut également citer le lancement d'une nouvelle Chaire PlanteS (Plante en société), dont l'objectif est de faire émerger des projets interdisciplinaires sur le végétal pour répondre aux enjeux du territoire en termes de transitions environnementales, sociétales et alimentaires. Ainsi, des animations ont été mises en place entre les chercheurs sur le végétal et sur d'autres disciplines.

L'année 2024 a aussi marqué le lancement du PUI PREDICT (Pôle Universitaire d'Innovation), coordonné par l'Université d'Angers. Ce PUI a pour ambition de renforcer l'écosystème d'innovation sur le territoire (Maine et Loire, Mayenne et Sarthe), en favorisant le développement de projets innovants, avec à la clé des transferts de technologies et la création de start-up.

Nous vous souhaitons une excellente lecture de ce recueil, reflet du dynamisme et de l'engagement 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

merci

pour le travail de mise en page à :
Catherine Pawlonski , Hélène Relandeau.



Sommaire

6 AXES SCIENTIFIQUES FÉDÉRATEURS

7 AXE 1 « Gestion Durable de la Santé des Plantes »

Faits marquants	08
Rayonnement scientifique	09

12 AXE 2 « Biologie, Qualité et Santé des Semences »

Faits marquants	13
Rayonnement scientifique	17

19 AXE 3 « Qualités et valorisation des productions végétales »

Faits marquants	20
Rayonnement scientifique	27

30 MOYENS TECHNIQUES MUTUALISÉS

ANAN - ANalyses des Acides Nucléiques	31
HIMIC - Hight-throughput Microbiology	35
IMAC - Microscopie et Imagerie Cellulaire	38
PHYTO - Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires	48
PHENOTIC - Phénotypage des Semences et des Plantes	52
SENSOVEG - Analyse Sensorielle	59

62 PROJETS SCIENTIFIQUES FINANCÉS PAR LA SFR

Projet méthodologiques SFR QUASAV	63
Projet inter SFR	65

68 RUBRIQUES LIBRES

LSV-BVO – Bactériologie, Virologie et OGM	69
IRHS - Institut de Recherche en Horticulture et Semences	71
EPHOR - Environnement Physique de la plante Horticole	74
GRAPPE - Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les Produits et les Procédés	76
LEVA - Légumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie	77
SIFCIR - Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs	78
SONAS - Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux	81
GEVES - Groupe d'Etude et de Contrôle de Variétés Et des Semences	82
VÉGÉPOLYS - VALLEY	87

90 GLOSSAIRE



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 (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, biosimulation, 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.

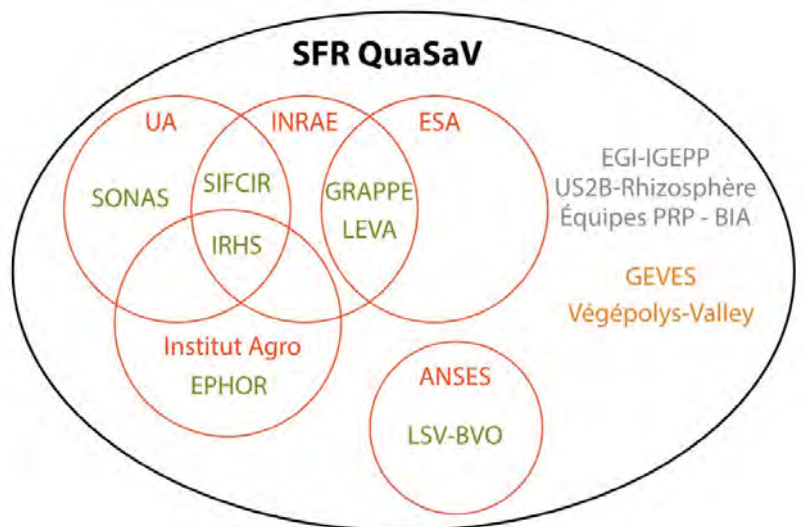
Axe 3

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-VA-DIPOM), 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.

Périmètre de la SFR QuaSaV

Tutelle Unité porteuse Équipe associée Partenaire





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

Animateurs
Florent Pantin ResPom
René Guéron EPHor



Nuage de mots des pages FM de l'axe 1

“ A l'échelle nationale, l'année 2024 s'est illustrée par des conditions climatiques atypiques, notamment marquées par un excès d'eau et un déficit d'ensoleillement ayant conduit à une chute des rendements des céréales à paille, des oléagineux et des protéagineux. Même constat au niveau continental, où les rendements sont globalement en baisse sous l'effet de phénomènes sévères, avec des épisodes caniculaires et des périodes de sécheresse ayant frappé l'Europe centrale. Plus que jamais, ce bilan souligne l'importance d'adresser les effets du changement climatique dans nos recherches.

Comme pour les productions agricoles en général, la moisson des faits marquants 2024 de l'axe 1 ne s'est pas révélée particulièrement abondante. Peut-être en lien avec une transition dans le binôme d'animateurs, puisque Bruno Le Cam et Valérie Le Clerc ont souhaité passer le relais – nous remercions chaleureusement Bruno et Valérie pour ces années d'implication dans l'animation de l'axe ! Si la récolte n'est pas aussi pléthorique qu'à l'accoutumée, elle n'en est pas moins réjouissante. L'équipe ResPom de l'IRHS nous présente une étude prometteuse en collaboration avec le BIA de Nantes, menée notamment avec le concours de la plateforme PHENOTIC. Comment valoriser un déchet de tomate pour en faire une solution de biocontrôle efficace contre la tavelure du pommier ? Vous le saurez en vous délectant de la lecture du fait marquant présenté ci-après.

Plusieurs mobilités internationales sont également à l'honneur dans les pages suivantes. Enfin, vous découvrirez un assortiment de nouveaux projets acceptés, avec les contributions alléchantes de l'IRHS, du SONAS et de l'IGEPP. ”



FAIT MARQUANT

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

De la valorisation de co-produits agro-industriels vers la protection des plantes

Contexte

L'industrie de transformation des fruits génère un nombre considérable de co-produits (drêches), incluant essentiellement les peaux et les graines, et qui sont à ce jour peu valorisés. Ces co-produits peuvent être source de molécules d'intérêt pour la protection des plantes : la demande de nouvelles solutions de biocontrôle est forte et l'offre en produits est aujourd'hui limitée.

Objectif

Développer un produit de biocontrôle à partir de drêches de tomate riches en cutine (polyester d'acides gras hydroxylés) pour la lutte contre la tavelure du pommier, maladie provoquée par le champignon *Venturia inaequalis*.

Résultat

Dans une première approche, des extraits de cutine de tomate issus de différents procédés de dépolymérisation et de purification ont été évalués sur leur capacité à induire plusieurs gènes de défense du pommier. Après une étape de formulation (dispersion dans l'eau), certains extraits ont été sélectionnés pour approfondir l'étude *in planta* et *in vitro*. Les résultats montrent que les extraits formulés déclenchent une reprogrammation du transcriptome du pommier (associée notamment à la défense) et présentent des propriétés antifongiques contre *Venturia inaequalis*. Appliqués en traitement préventif, les extraits per-

mettent un niveau élevé de protection contre la tavelure.

Perspectives

Si les extraits sont efficaces contre la tavelure, les premiers essais sur le terrain indiquent qu'ils provoquent aussi l'apparition de « russetting » (défaut d'épiderme) sur les fruits. Un travail sur la dose et la fréquence des traitements serait envisageable, potentiellement sur une variété moins sensible à ce phénomène.

Importance du fait marquant

Ce travail apporte des connaissances scientifiques sur le mode d'action des monomères de cutine et ouvre des perspectives quant à leur valorisation pour la protection des plantes. Il fournit de nouvelles pistes pour le développement de produits biosourcés.

Le + SFR

La plateforme PHENOTIC (DOI : 10.17180/YKBZ-2V85) a joué un rôle primordial dans cette étude en mettant à disposition des espaces de serre et modules climatiques pour la réalisation des expérimentations, et en produisant l'ensemble du matériel végétal dédié.

CONTACT

matthieu.gaucher@inrae.fr

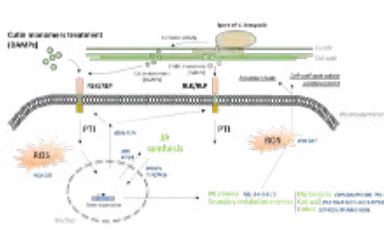


Figure illustrant la valorisation de co-produits agro-industriels pour la protection du pommier. De gauche à droite : production des extraits de monomères de cutine à partir de drêches industrielles, étude du mode d'action et évaluation sur le pommier. Source : Bakan (BIA), Gaucher (IRHS).

PARTENAIRES

UR-1268 BIA, Nantes / UMR-1345 IRHS, Angers / SDP Rovensa, Laon

PUBLICATIONS

Gaucher M., Juillard A., Nguyen B-h., Viller N., Ernenwein C., Marion D., Brisset M-N., Bakan B (2024). Formulated hydroxy fatty acids from fruit pomaces reduce apple scab development caused by *Venturia inaequalis* through a dual mode of action. *Front. Plant Sci.* 14 : 1322638. doi: 10.3389/fpls.2023.1322638.



RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE

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

Accueil & Mobilité internationale

En 2024, deux doctorantes en co-tutelle ont fait un séjour dans l'équipe **FungiSem** de l'IRHS :

Lilija DUCKENA, 1^{ère} année de doctorat, co-tutelle Université Lettone des Sciences de la Vie et Technologies (LBTU), Jelgava, Lettonie / Université d'Angers, sous la co-direction de G. Bimsteine et P. Simoneau. Durant les 5 mois passés dans l'équipe FungiSem (du 05/02 au 05/04 et du 22/09 au 21/12), Lilija a pu développer des approches moléculaires afin d'étudier la diversité des espèces d'*Alternaria* présentes sur les Solanacées du Nord de l'Europe, diversité tenant compte des méthodes de lutte actuellement pratiquées et des conditions agroclimatiques. Ce travail a été valorisé par une publication (Duckena et al., 2024, *Fungal Biology* 128 : 2250–2265).

Roumaïssa BARKAT est venue pour 3 mois dans l'équipe FungiSem (du 10/09 au 10/12), dans le cadre de sa seconde année de thèse en co-tutelle (Université d'Oran 1, Algérie / Université d'Angers), sous la co-direction de N. Bessadat et P. Simoneau. Dans ce contexte, Roumaïssa a développé des marqueurs moléculaires contribuant à étudier l'étiologie des maladies causées par les espèces du genre *Alternaria* sur les cultures de *Brassicaceae* dans les zones de culture en Algérie.

Une doctorante a également été accueillie au sein de l'équipe EGI de l'IGEPP :

Imen NOURI, doctorante à la Faculté des Sciences de Gabès (Tunisie), qui travaille sur l'écologie chimique de l'interaction *Eucalyptus-Phoracantha* en vue de mettre au point des stratégies innovantes de contrôle des insectes xylophages. Imen a été accueillie au sein de l'UMR IGEPP – EGI pendant deux mois pour réaliser des tests sur l'olfaction de l'espèce *Phoracantha recurva* vis-à-vis des huiles essentielles de différentes essences d'*Eucalyptus* (électroantennographie, olfactométrie). Les tests mis en place ont permis d'évaluer la perception des huiles essentielles par les insectes (électroantennographie), ainsi que leurs effets sur leur comportement (olfactométrie).

Côté mobilité sortante, un doctorant de l'équipe Res-Pom de l'UMR IRHS a effectué un séjour international :

Bao-Huynh NGUYEN a été accueilli pendant deux mois au Laboratory of Growth Regulators (Olomouc, République Tchèque), dirigé par Ondřej Novák. Ce laboratoire est reconnu internationalement pour ses capacités en analyse des phytohormones. Dans le cadre de sa thèse sur l'immunité du pommier, il a contribué à l'analyse d'hormones sur des échantillons collectés dans les installations expérimentales de PHENOTIC. L'objectif était d'identifier des potentiels candidats hormonaux pouvant expliquer la perte d'efficacité d'un stimulateur de défense chez le pommier soumis à une vague de chaleur. Bao a bénéficié d'un co-financement de l'ED VAAME pour ce séjour.



Photographie illustrant le séjour de Bao-Huynh Nguyen à Olomouc (République Tchèque) au sein du Laboratory of Growth Regulators dans le cadre de sa thèse sur l'immunité du pommier (crédit photo. B-H Nguyen).



Perspectives : initiation de nouveaux projets

L'équipe **FungiSem** de l'IRHS et le **SONAS** sont impliqués dans un nouveau projet :

Le projet **BioFungi Food** financé par EU Green pour 2 ans (2025-26) va permettre d'initier des collaborations entre différents partenaires européens : Université d'Extremadure, Espagne ; University de Gävle, Suède ; Université d'Evora, Portugal ; Université des Sciences de la Vie et de l'Environnement de Wrocław, Pologne ; Université d'Angers. Deux unités de la SFR sont impliquées : SONAS et IRHS (équipe FungiSem). L'objectif général du projet est de mettre en place des procédures innovantes pour détecter, évaluer et contrôler les espèces fongiques émergentes qui affectent les cultures légumières dans chaque pays partenaire de ce projet. Cette démarche s'inscrit dans les conditions actuelles de changement climatique et d'agriculture durable afin de limiter fortement l'utilisation de pesticides.

L'équipe **EGI** de l'UMR IGEPP nous dévoile trois nouveaux projets :

Lancement du projet PARSADA **ARDECO** (Anticiper les Retraits des substances phytosanitaires par le Développement d'une infrastructure distribuée d'Écologie Chimique Opérationnelle, générique et haut débit) pour une durée de cinq ans. Ce projet a pour ambition d'identifier la nature et les conditions d'utilisation des composés organiques volatils (COV) jouant un rôle clé dans le comportement des insectes ravageurs et auxiliaires. Il vise à développer un workflow générique pour la conception de solutions basées sur les COV et à mettre en place une plateforme intégrant des méthodes et des outils destinés à accélérer la recherche, le développement et le déploiement de ces solutions. Le projet repose sur un consortium pluridisciplinaire, réunissant à la fois des équipes de recherche (IEES, IGEPP, PSH, ICN), des instituts techniques (Arvalis, FNAMS, Terre Inovia, UNILET et Astredhor) et des entreprises privées (Agriodor, Koppert,

Compagnie des Amandes). Ce consortium travaillera sur neuf espèces d'insectes : Noctuelle baignée, Noctuelle de la tomate, Altise du lin, Altise du colza, Mouche du chou, Puceron vert du pêcher, Mouche des fruits, Carabe, Guêpe de l'amande. L'équipe EGI de l'UMR IGEPP travaillera plus particulièrement sur la mouche du chou, les altises et les carabes.

Lancement de deux projets explorant des pistes pour réduire l'interaction mutualiste fourmis-pucerons, qui constitue un frein important au déploiement de solutions de lutte biologique contre les pucerons :

Le PUI PREDICT 2025 **Obédi'Ant** (Manipulating ant behavior to control aphids) vise à tester l'efficacité d'un mélange de sucres et de dopamine, proposé comme source de sucre alternative, à réduire ou même inhiber les relations mutualistes entre fourmis et pucerons, en utilisant comme modèle le puceron cendré du pommier, un des plus importants ravageurs en verger, et la fourmi *Lasius niger*, l'espèce qui élève des pucerons la plus répandue en Europe dans les agroécosystèmes et qui utilise ce puceron comme source de sucre ou comme proie. L'IGEPP est porteur du projet et apporte son expertise en biologie des pucerons, en écologie des interactions trophiques, et son expérience dans l'élevage d'insectes et la réalisation d'expériences comportementales. L'Unité d'Écologie Sociale de l'Université Libre de Bruxelles apporte son expertise sur la biologie des fourmis et l'interaction fourmis-pucerons.

Le projet Ecophyto II+ **Diver'Ant** (2025-2027) vise à mobiliser la diversité végétale des vergers pour détourner les fourmis et améliorer le contrôle biologique du puceron cendré du pommier. Il a pour objectifs de (i) décrire la dynamique saisonnière d'exploitation des sources d'alimentation en verger par les principales espèces de fourmis mutualistes des pucerons en France en fonction du niveau de diversification du verger, (ii) tester l'efficacité de bandes de féverole comme



un moyen de détourner les fourmis des pucerons, (iii) évaluer comment les fourmis perturbent les auxiliaires et réduisent la prédation du puceron cendré du pommier et (iv) proposer un outil d'aide à la décision pour l'implantation optimale de bandes de féverole dans les vergers. Il s'appuie sur un consortium réunissant des équipes de recherche (IGEPP, BAGAP, PSH, IMBE, IRTA, ULB) et des unités expérimentales d'INRAE (UE Horticole à Angers et A2M à Avignon). L'IGEPP est porteur du projet et mobilise son expertise en biologie et écologie des pucerons et des organismes associés, et son expérience dans l'évaluation en parcelle cultivée de l'efficacité de mesures agroécologiques pour favoriser le contrôle biologique des ravageurs. L'IGEPP apporte également des compétences méthodologiques telles que l'inférence de l'histoire nutritionnelle *via* le profil biochimique, l'étude des relations trophiques via l'analyse moléculaire du contenu stomacal des prédateurs ou la modélisation de la dynamique des interactions proies-prédateurs.



Nuage de mots des pages FM de l'axe 2

“ Le bilan de cette année regroupe 4 faits marquants, 5 invitations à des colloques nationaux/internationaux, 3 mobilités internationales, ainsi que 3 nouveaux projets de recherche. Ces items sont développés dans les sections ci-dessous. ”



Réduction de la transmission d'*Alternaria brassicicola* à la graine par inoculation sur siliques d'une souche antagoniste de *Trichoderma*

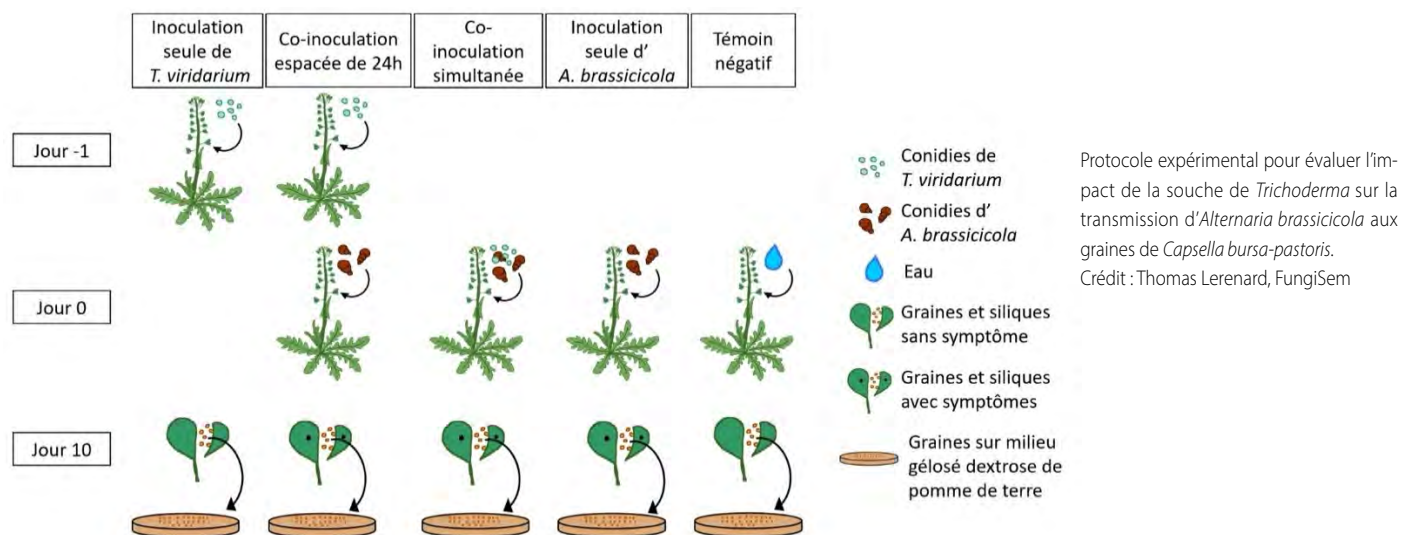
Dans le contexte actuel de réduction de l'utilisation des fongicides de synthèse, l'identification de souches fongiques antagonistes de champignons phytopathogènes représente une piste intéressante. Afin de proposer de nouveaux agents de biocontrôle, l'objectif de cette étude était d'évaluer *in planta* l'effet antagoniste d'une souche de *Trichoderma* sur la transmission d'*Alternaria brassicicola*.

Parmi les souches isolées de graines de *Capsella bursa-pastoris*, adventice communément rencontrée dans les parcelles de Brassicacées, un isolat du genre *Trichoderma* a démontré un très fort effet antagoniste sur la croissance mycélienne du pathogène en conditions *in vitro*. Des co-inoculations de la souche de *Trichoderma* et d'*A. brassicicola* ont ensuite été réalisées sur siliques sur plantes entières (*C. bursa-pastoris*), simultanément ou avec un délai de 24 h. Dix jours après

inoculation, les deux champignons s'étaient transmis aux graines. De plus, l'inoculation de la souche antagoniste 24 h avant celle de l'agent pathogène a permis de réduire de 70 % la transmission aux graines par rapport au témoin positif, *A. brassicicola* seul. Dans le cadre de la recherche de nouveaux agents de biocontrôle, ces premiers résultats indiquent qu'il est possible de cibler l'étape-clé du cycle du pathogène, la transmission du fruit à la graine, ce qui représente une nouvelle approche pour réduire drastiquement le risque de maladie transmise par les semences.

Rôle des PT

Ces travaux ont été possibles grâce au PT PHENOTIC pour l'obtention des plantes de *Capsella bursa-pastoris*, et au PT IMAC pour l'observation des structures impliquées dans les interactions entre l'agent pathogène et la souche antagoniste.



CONTACT

josiane.lecorff@agrocampus-ouest.fr
IRHS - FungiSem

PARTENAIRES

IRHS Equipe FungiSem, Financements Région Pays-de-la-Loire (thèse TANDEM T. Lerenard), Université d'Angers, Institut Agro Rennes Angers

PUBLICATIONS

Lerenard, T., Aligon, S., Poupard, P. & Le Corff, J. (2024). *In planta* inoculation of *Trichoderma viridarium* reduces seed transmission of the fungal pathogen *Alternaria brassicicola*. *Journal of Phytopathology*, 172, e70000. DOI: 10.1111/jph.70000.



Automatisation pour l'évaluation de la qualité des semences grâce à l'intelligence artificielle et l'imagerie 2D par rayons X

En 2024, le laboratoire d'Analyses Physiques du GEVES a réalisé des avancées significatives dans la détection automatisée des défauts internes des semences en utilisant l'intelligence artificielle couplée à l'imagerie 2D par rayons X. Le principal verrou technologique pour l'utilisation de l'intelligence artificielle concerne l'obtention d'une très large base de données équilibrées. Cette difficulté était amplifiée par l'absence de protocoles de radiographie standardisés entraînant des variations de la qualité des images obtenues.

Pour faire face à cette problématique, une stratégie basée sur l'augmentation artificielle des données a été développée afin de répondre aux défis posés par la variabilité naturelle de la morphologie des graines, la variabilité inhérente aux conditions d'imagerie ainsi que le déséquilibre des classes (notamment pour les graines défectueuses). Les résultats montrent que cette technique d'augmentation de données améliore significativement la robustesse du modèle, lui permettant de s'adapter aux variations des paramètres d'imagerie tout en compensant efficacement la rareté des défauts. Ils soulignent également que ce modèle égale à minima les performances humaines en termes de temps de calcul et de taux d'erreurs. La méthode, appliquée avec succès aux semences de betterave sucrière (*Beta vulgaris* L.) et de féverole (*Vicia faba* L.), s'avère donc être une solution efficace et évolutive pour les tests automatisés sur semences.

Ce projet vise à encourager de nouveaux partenariats autour de l'application de l'intelligence artificielle à l'étude des semences et des plantes, favorisant ainsi l'innovation dans les domaines de la recherche végétale.

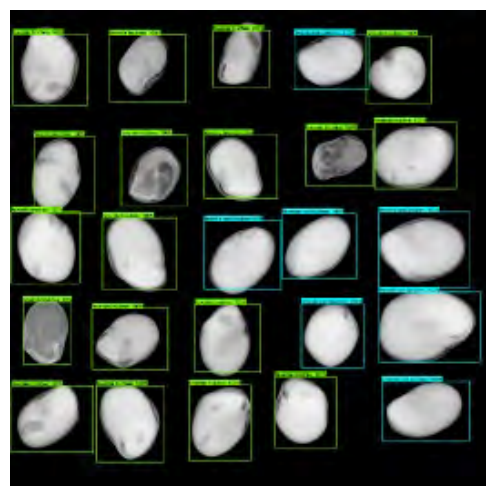


Figure : Résultats de détection de dégâts d'insectes par IA sur une image de radiographie 2D de semences de féverole. Copyright GEVES.

Rôle des PT

Ces travaux ont été possibles grâce à la PTF PHENOTIC - Angers Seed Phenotyping Facility.

CONTACT

sherif.hamdy@geves.fr



PARTENAIRES

IRHS Equipe ImHorPhen

PUBLICATIONS

Sherif Hamdy, Aurélie Charrier, Laurence Le Corre, Pejman Rasti & David Rousseau (2024) Toward robust and high-throughput detection of seed defects in X-ray images via deep learning. *Plant Methods* 20, 63. <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01195-2>. Lien vers la publication : <https://link.springer.com/article/10.1186/s13007-024-01195-2>



Les Exsudats, Gardes du Corps des Semences : Une Défense Naturelle contre les Pathogènes

L'amélioration des défenses des semences contre les pathogènes constitue une alternative prometteuse aux pesticides. Les semences dormantes peuvent se protéger des micro-organismes lors des cycles d'hydratation et de déshydratation dans le sol, notamment *via* leurs exsudats libérés pendant l'imbibition. L'objectif de cette étude est de développer une méthode basée sur la néphélométrie pour quantifier l'activité antimicrobienne (AA) des exsudats de semences de tomate. Un protocole a été établi pour mesurer l'AA des exsudats contre le champignon non-hôte *Alternaria brassicicola*. La sensibilité du test peut être modulée en ajustant les concentrations fongiques et d'exsudats, offrant ainsi une large fenêtre de détection. Ce protocole a mis en évidence une grande diversité génétique de l'AA des exsudats de semences dormantes de différentes accessions. Cette AA n'affecte pas la croissance du champignon hôte de la tomate, *Alternaria alternata*, illustrant une interaction spécifique aux non-hôtes. Cette diversité génétique de l'AA des exsudats révèle un potentiel exploitable pour sélectionner des génotypes aux défenses naturelles renforcées contre les pathogènes. Elle ouvre de nouvelles perspectives sur les mécanismes de défense des semences et l'identification de molécules antifongiques, à l'intersection des thématiques étudiées par les équipes SEED et FUNGISEM de l'IRHS. En combinant l'expertise sur le développement des semences et les pathologies fongiques, cette approche intégrative contribue à une meilleure compréhension des interactions entre les graines et leur environnement, avec des applications en amélioration variétale et en agriculture durable.

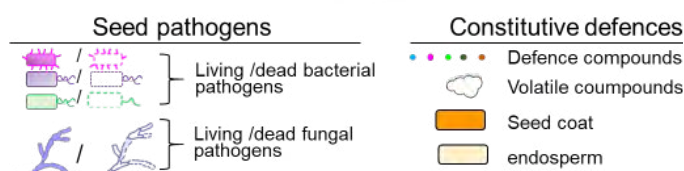
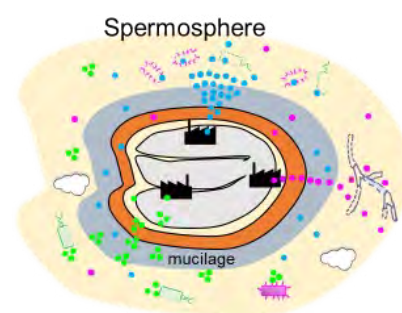


Schéma illustrant la répartition des mécanismes de défense dans et autour de la graine. Lors d'une imbibition prolongée, la graine extrude des exsudats qui se diffusent dans la spermosphère. L'embryon et/ou l'endosperme synthétisent des composés aux activités antibactériennes et antifongiques, tandis que le mucilage et le tégument forment une barrière supplémentaire contre les pathogènes.

Rôle des PT

Ces travaux ont été possibles grâce au PTM HiMiC et la PF Phenotic.

CONTACTS

julia.buitink@inrae.fr
muriel.marchi@inrae.fr



PARTENAIRES

IRHS équipes SEED et FUNGISEM

PUBLICATIONS

Hubert B, Marchi M, Ly Vu J, Tranchant C, Tarkowski ŁP, Leprince O, Buitink J (2024) A method to determine antifungal activity in seed exudates by nephelometry. Plant Methods 20:16 <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01144-z>



Un modèle de « cessez-le-feu » pour expliquer l'efficacité de transmission de *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* aux graines de haricot

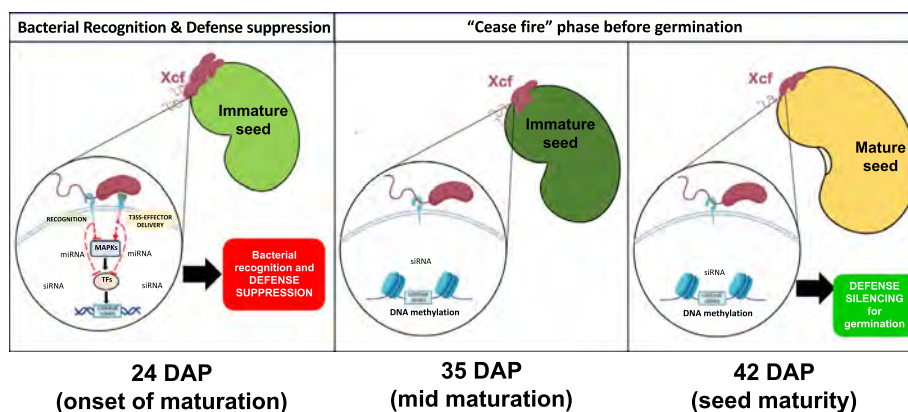
Cette étude constitue la première description d'un dialogue moléculaire entre une bactérie phytopathogène et une graine. Jusqu'à présent, l'accès à l'expression des gènes bactériens était entravé par le faible nombre de cellules bactériennes présentes dans les graines en cours de développement. Grâce à un enrichissement en matériel bactérien, ce verrou technologique a pu être levé. L'analyse de l'expression des gènes de la bactérie et de la graine a mis en évidence une phase d'interactions intenses entre les deux partenaires lors de la maturation précoce des graines, suivie d'une absence d'interaction durant leur maturation tardive. Ces résultats ont permis de proposer le modèle de « cessez-le-feu », propre aux tissus des graines, qui permet à une graine contaminée de parvenir à maturité et germer malgré des modifications épigénétiques affaiblissant ses défenses lors de la germination, facilitant ainsi la transmission et l'installation des bactéries.

Rôle des PT

Ces travaux ont été possibles grâce aux PT PHENOTIC et ANAN de la SFR QUASAV.

CONTACT

armelle.darrasse@inrae.fr



Credits: Plant Cell Environment (Wiley), <https://doi.org/10.1111/pce.15037>

PARTENAIRES

IRHS équipes EmerSys and SEED. Financements PPR CPA SUCSEED

PUBLICATIONS

Darrasse, A., Tarkowski, L. P., Briand, M., Lalanne, D., Chen, N. W. G., Barret, M., and Verdier, J. (2024). A stage-dependent seed defense response to explain efficient seed transmission of *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* to common bean. *Plant Cell & Environ.*, 1-18. DOI : 10.1111/pce.15037



Reviews and Opinion Papers

- Hubert B, Leprince O, Buitink J (2024) Sleeping but not defenseless: seed dormancy and protection. *Journal of Experimental Botany*. erae213.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erae213>
- Rezaei S, Buitink J, Hay FR (2024) Seed responses to change in ambient humidity and the consequences for storability. *Journal of Stored Products Research* 109, December 2024, 102477.
<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102477>

Organisation de colloque

Colloque national de la recherche sur la Tomate (Les fous de la tomate) du 2 au 3 Septembre 2024 à l'IRHS.

Invitations à des colloques, séminaires, webinaires

- J. Verdier. Bioengineering desiccation tolerant seedling using the seed desiccation process. 4th EPI-CATCH Conference: Epigenetic Mechanisms of Crop Adaptation to Climate Change du 4 – 6 June 2024 (Novi Sad, Serbia).
- A. Sarniguet. How to drive the transmission of seed microbiota to seedling Connecting Microbiome Communities organisée par Society for Industrial Microbiology and Biotechnology (SIMB), 3-6 November 2024 (San Diego, USA).
- L. Colaert-Sentenac. Seed pathology - the good and the bad microbes. 29 May 2024. ISSS-ISTA (webinar).
- M. Simonin. Microbiome Engineering: Exploring Seed Microbial Diversity and its Impact on Plant Fitness using Synthetic Communities. 1st ASM European Ambassadors Microbiology Symposium, 25 October 2024 (webinar).
- M. Simonin. Vers l'ingénierie du microbiome des plantes par l'utilisation de communautés synthétiques. Association Française des Biotechnologies Végétales. 11 décembre 2024 (webinar).

Publications

- Darrasse A, Tarkowski ŁP, Briand M, Lalanne D, Chen NWG, Barret M, Verdier J (2024) A stage-dependent seed defense response to explain efficient seed transmission of *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* to common bean. *Plant, Cell & Environment*, 1–18.
<https://doi.org/10.1111/pce.15037>
- Buitink J, Leprince O (2024) A Seed Storage Protocol to Determine Longevity. *Methods Mol Biol* 2830:63-69.
- Hubert B, Marchi M, Ly Vu J, Tranchant C, Tarkowski ŁP, Leprince O, Buitink J (2024) A method to determine antifungal activity in seed exudates by nephelometry. *Plant Methods* 20:16
<https://doi.org/10.1186/s13007-024-01144-z>
- Sano N, Verdier J (2024) The re-establishment of desiccation tolerance in germinated tomato (*Solanum lycopersicum*) seeds. *Seed Science Research*. Published online 1 March 2024:1-9.
<https://doi.org/10.1017/S0960258524000047>
- Bianchetti G, Clouet V, Legeai F, Baron C, Gazengel K, Vu BL, Baud S, To A, Manzanares-Dauleux MJ, Buitink J, Nesi N (2024) Identification of transcriptional modules linked to the drought response of *Brassica napus* during seed development and their mitigation by early biotic stress. *Physiologia Plantarum*, 176(1), e14130.
<https://doi.org/10.1111/ppl.14130>
- Dang TT, Lalanne D, Ly Vu J, Ly Vu B, Defaye J, Verdier J, Leprince O and Buitink J (2024) BASIC PEN-TACYSSTEINE1 regulates ABI4 by modification of two histone marks H3K27me3 and H3ac during early seed development of *Medicago truncatula*. *Frontiers in Plant Science* 15:1395379.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1395379>
- Tiffany Garin, Chrystelle Brin, Anne Préveaux, Agathe Brault, Martial Briand, et al.. The type VI secretion system of *Stenotrophomonas rhizophila* CFBP13503 limits the transmission of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* 8004 from radish seeds to seedlings. *Molecular Plant Pathology*, 2024, 25 (1), pp.e13412. (10.1111/mpp.13412). (hal-04688341).



- Abby Sulesky-Grieb, Marie Simonin, A. Fina Bintarti, Brice Marolleau, Matthieu Barret, et al.. Stable, multigenerational transmission of the bean seed microbiome despite abiotic stress. *mSystems*, 2024, (10.1128/msystems.00951-24). (hal-04688340).
- Gontran Arnault, Coralie Marais, Anne Prévieux, Martial Briand, Anne-Sophie Poisson, et al.. Seedling microbiota engineering using bacterial synthetic community inoculation on seeds. *FEMS Microbiology Ecology*, 2024, 100 (4), (10.1093/femsec/fiae027). (hal-04688333).

Accueil & mobilités internationales

Nathan KAVUNU, apprenti ingénieur au sein de l'école UniLaSalle - Beauvais réalise son projet d'alternance au sein de l'équipe FungiSem sur la thématique du pilotage du microbiote des semences, incluant l'étude de la diversité des levures de la graine à la feuille (apprentissage du 2/10/2023 au 31/08/2026, Maître de stage : Muriel Marchi). Dans ce contexte, Nathan a bénéficié d'une mobilité de 2,5 mois (du 26/06 au 13/09/2023) au sein de l'Institut d'Écologie Néerlandais dans le laboratoire d'Écologie Microbienne auprès de Viviane Cordovez, chercheuse qui collabore avec les équipes EmerSys et FungiSem de l'IRHS. Une co-publication issue de cette collaboration est en cours de finalisation.

Gillian BERGMANN, étudiante en thèse de l'Université de Davis (Californie) a été accueillie au sein de l'équipe EmerSys sur une période de 6 mois (15 mai au 31 décembre 2024). Pendant son séjour, Gillian a étudié (i) comment l'ordre et le moment d'arrivée des micro-organismes modulent leur transmission aux semences et (ii) comment cette transmission modifie l'établissement des semis.

Louna COLAERT-SENTENAC et **Logan SUTEAU** (IRHS) ont été accueillis du 4 au 22 novembre dans le laboratoire de Simon LAW (MOSH-Future Science Platform, Canberra) pour se former aux approches de métatranscriptomiques (Joint-linkage call INRAE-CSIRO).

Perspectives : initiation de nouveaux projets

- Un nouveau projet financé par la SFR Quasav (AAP Méthodologie) va démarrer pour 2 ans (2025-26). Ce projet DESIMIK pour « Development of DESI-HRMS technology for Microbial Interaction Knowledge » est co-porté par Alba Noël (IRHS-EmerSys), Séverine Boisard (SONAS) et Natalia Guschinskaya (IRHS-FungiSem). Pour compléter ce partenariat, le projet sera développé sur le PT PHYTO. Dans ce contexte, le projet propose de développer une méthode de détection et de localisation, par DESI-HRMS, de composés potentiellement impliqués dans le dialogue moléculaire entre le champignon *Alternaria brassicicola* et la bactérie *Pseudomonas fluorescens*.
- SojaSur (2025-2028) : Lever les freins à la production de soja en Bretagne – Pays de la Loire et sécuriser l'insertion dans les rotations agricoles. Projet régional. Chef de file : VEGEPOLYS VALLEY – unité précompétitive. Partenaires : IRHS-SEED, IRHS-SMS, Chambre d'agriculture de Région Pays de la Loire, Chambre d'agriculture de Bretagne, Eureden, FRcuma Ouest, Groupe Bel, Groupe Olga, Centre Mondial de l'Innovation du Groupe Roullier, Coopérative Le Gouessant, Association LEGGO - Légumineuses à Graines Grand Ouest, Terres Inovia.
- Pea4Ever – Amorçage (2025-2027) : Amorçage d'un dispositif collectif public-privé visant à accélérer le progrès génétique pour le développement du pois. Chef de file : : Groupement d'intérêt économique PeaBoost – D Gouache. Partenaires : IRHS-SEED, Terres Inovia, INRAE, FNAMS, Limagrain Europe (LG), Florimond Desprez (FD), RAGT 2n, GEVES.
- MSmining (2025-2027) : Diversité des Métabolites Spécialisés du Microbiote de la Graine : Vers un Pilotage des Interactions Microbiennes. Coordination Alba Noël (IRHS-EmerSys). Projet financé par le département SPE.



FAITS MARQUANTS

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

L'alarmone est impliquée dans la réponse des plantes au plasma froid

L'exposition des graines ou des plantes est de plus en plus utilisée dans la perspective d'induire un gain de performance à long terme vis-à-vis de la survenue ultérieure de stress environnementaux. De manière surprenante, aucun article ne décrit l'implication de l'alarmone ((p)ppGpp), un marqueur pourtant impliqué dans la réponse à de nombreux stress.

Dans cet article, nous avons exposé de jeunes Arabidopsis à un jet de plasma froid pendant 5 ou 30s, puis nous avons analysé en cinétique la réponse des plantes, par la mesure de l'accumulation des transcrits de certains gènes et en mesurant la production d' H_2O_2 . Nous avons ainsi montré que ce traitement augmente la teneur en H_2O_2 (94% en 15 min) de manière concomitante à une augmentation des gènes de NADPH oxydase (RBOHD, 6,5 fois) et d'ascorbate peroxydase (2 fois). Le principal résultat reste cependant l'activation des gènes de biosynthèse de l'alarmone (RSH2, 10 fois 60-180 min après l'exposition, la forme activée par le Ca^{2+} , CRSH n'étant pas affectée) alors que l'hydrolase du (p)ppGpp (RSH1) n'augmente que très modérément (1,5 fois).

Bien que le dosage de cette molécule soit délicat, il serait intéressant de pouvoir quantifier le (p)ppGpp produit dans différentes régions de la plante (sur le site de l'exposition et à distance).

Ces résultats permettent d'impliquer la voie du (p)ppGpp dans les phénomènes de réponse à une exposition au plasma froid, alors que les analyses de RNAseq menées jusqu'à présent n'ont pas permis de montrer cette implication, et ainsi de mieux comprendre les voies métaboliques impliquées.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une collaboration entre l'IRHS et l'Institut Pascal de Clermont-Ferrand (UMR CNRS 6602) où ont été réalisées les expositions des plantes. La plateforme ANAN a été utilisée pour le dosage des acides nucléiques.



Article : Porcher A, Duffour E, Perisse F, Menecier S, Guérin V, Moreau M, Davranche C, Paladian F, Bonnet P, Vian A. Rapid changes in stress-related gene expression after short exposure of Arabidopsis leaves to cold plasma. Journal of Plant Physiology 154397 (in press).

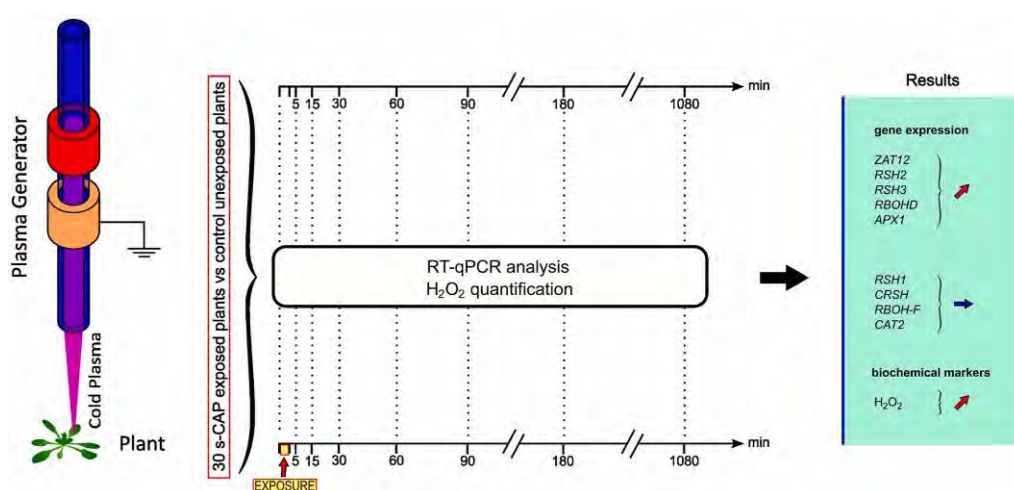


Figure 1. Résumé des expériences menées dans le cadre de l'article présenté ici.

CONTACT

alain.vian@univ-angers.fr





FAITS MARQUANTS

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Valorisation sous forme de datapaper d'un jeu de données sur les bénéfices climatiques des arbres d'alignement

Contexte : Les arbres d'alignement constituent une solution intéressante à la surchauffe en ville, grâce aux processus d'ombrage et de transpiration. Dans l'état de l'art, les études sur des arbres en ville sont souvent réalisées dans des situations non-canoniques, ou sans connaître le statut hydrique des arbres. Il y a actuellement un manque de données disponibles dans la littérature sur ce thème.

Objectif : Une expérimentation sur les bénéfices des arbres d'alignement a été réalisée dans le dispositif Rue Canyon de l'Institut Agro, dans le cadre de la thèse de Souleymane Mballo, co-encadrée par EPHor et par l'équipe STRAGENE de l'IRHS, et financée par l'ADEME, la région Pays de la Loire et le RFI Objectif végétal. Les résultats scientifiques ont déjà été valorisés dans plusieurs contributions. L'objectif est ici d'ouvrir et de publier un jeu de données acquis durant l'été 2020 dans le cadre de ce projet.

Perspectives : Le jeu de données est d'ores et déjà en cours d'utilisation par des partenaires de l'IRSTV pour évaluer des modèles de microclimat. La procédure de qualification pourra être remobilisée pour valoriser d'autres jeux de données de la SFR QUASAV.

CONTACT

sophie.herpin@institut-agro.fr

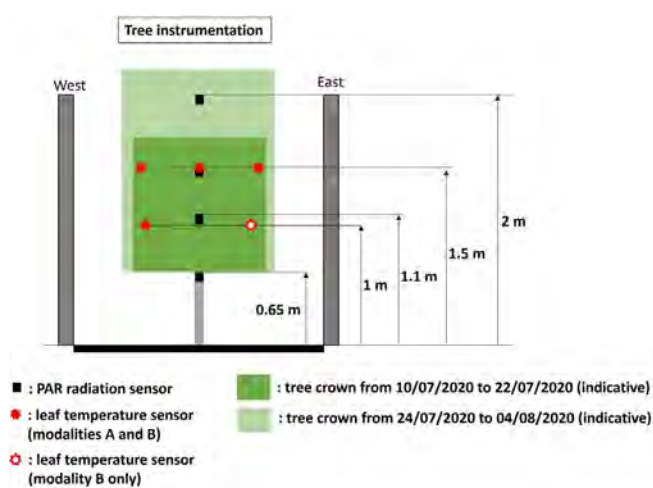


Figure 1 : à gauche : instrumentation microclimatique dans la rue Canyon, avec au premier plan les sondes de température et d'humidité de l'air et les capteurs de rayonnement dans la zone non-végétalisée ; à droite : Mesures réalisées sur les arbres (transmission du rayonnement PAR et température de feuilles) dans les modalités végétalisées.

PARTENAIRES

EPHor, STRAGENE

PUBLICATIONS

Herpin, S., Mballo, S., Manteau, M., Lemesle, D., Boukouya, A., Dubuc, B., Ledroit, L., Cannavo, P., Demotes-Mainard, S., & Bournet, P. E. (2024). A reduced-scale canyon street to study tree climate benefits: Summer 2020 data with well-watered apple trees. *Scientific Data*, 11(1015). doi :<https://www.nature.com/articles/s41597-024-03650-0>



FAITS MARQUANTS

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

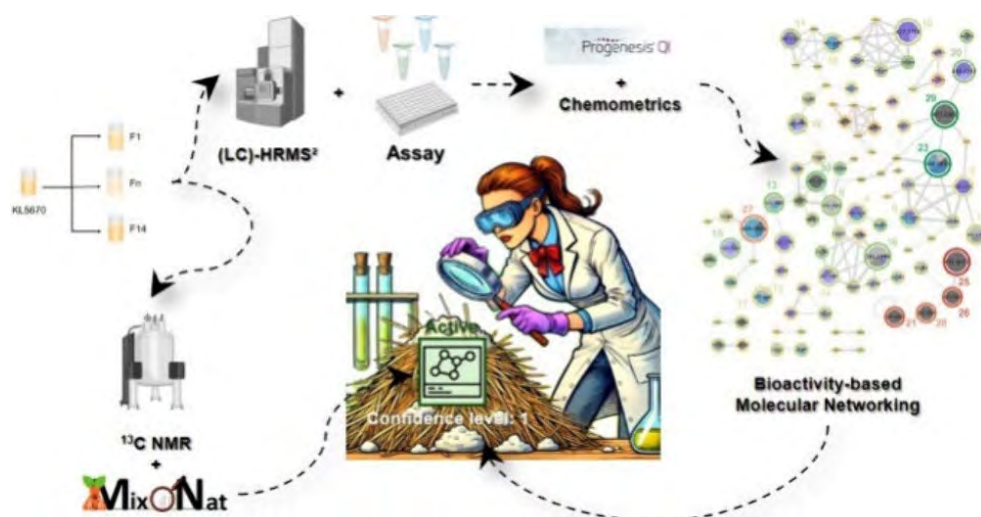
Looking for Actives in the Haystack: Merging HRMS²-Based Molecular Networking, Chemometrics, and ¹³C NMR-Based Dereplication Approaches

Contexte : L'identification de produits naturels (PNs) bioactifs dans des mélanges complexes est devenue un sujet important de la recherche contemporaine sur les PNs.

Objectif : Pour tenter de relever ce défi, ce travail propose une stratégie intégrée qui combine la mise en réseau moléculaire (*Molecular network* : MN) basée sur la spectrométrie de masse en tandem (MS²), un modèle chimiométrique par une approche *Partial Least Square* (PLS), ainsi qu'une déréplication (i.e. annotation des PNs en mélange sans passer par leur purification) basée sur la RMN ¹³C à l'aide du logiciel MixONat disponible sur le plateau PHYTO de la SFR QUASAV. En outre, un test évaluant la capacité d'inhibition de la formation des produits avancés de la glycation (*Advanced glycation endproducts* : AGEs) a été utilisé pour l'évaluation de l'activité.

Résultats : L'approche a été mise en œuvre sur un extrait d'écorce de *Garcinia parvifolia* riche en xanthones prénylées ayant précédemment montré un effet inhibiteur notable de la formation des AGEs. Le principal résultat est que la stratégie proposée a permis d'identifier des métabolites potentiellement actifs dans des mélanges complexes et de les annoter avec un niveau de confiance plus élevé en combinant les données de RMN et de MS².

Perspectives : Dans l'ensemble, cette approche globale constitue une solution puissante et efficace pour le ciblage et l'annotation de composés actifs dans des mélanges complexes de NP. Pour les chercheurs de la SFR QUASAV, elle permet de repérer des pools de métabolites bioactifs issus de mélanges [végétaux ou microbiens] complexes à des fins de biocontrôle (axe 1) ou comme biostimulants (axe 3).



CONTACT

severine.derbre@univ-angers.fr



Figure. Illustration de la méthodologie employée pour identifier rapidement les PNs bioactifs dans les mélanges complexes

PARTENAIRES

Le laboratoire SONAS et le plateau PHYTO de la SFR QUASAV ont collaboré sur ce projet. Le plateau PHYTO peut proposer cette approche innovante à l'ensemble des équipes de la SFR QUASAV.

PUBLICATIONS

Meunier, M., Bréard, D., Boisard, S., Blanchard, P., Litaudon, M., Awang, K., Schinkovitz, A.*, Derbré, S.* Looking for actives in the haystack: Merging HRMS² based molecular networking, chemometrics and ¹³C NMR-based dereplication J. Nat. Prod. 2024, 10, 2398-2407. (doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.4c00647>)



FAITS MARQUANTS

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Image analysis and polyphenol profiling unveil red-flesh apple phenotype complexity

Contexte : La coloration rouge de la chair des pommes (*Malus domestica*) est un trait d'intérêt important pour le développement de variétés de qualité améliorée. De nombreuses recherches ont été réalisées sur le sujet montrant que la coloration rouge est due à l'accumulation d'anthocyanes (classe de polyphénols) et dépend principalement de la présence d'un allèle du facteur de transcription MYB10. Cependant, ce modèle n'explique pas la diversité de l'intensité de coloration rouge ainsi que la répartition des pigments au niveau de la chair.

Objectif : L'objectif de ce travail était de mieux comprendre le déterminisme génétique de ce trait complexe. Pour cela, une méthode rapide quantitative et spatialisée de phénotypage de la coloration rouge de la chair des pommes a été développée en collaboration avec l'équipe ImHorPhen (IRHS), par analyse d'images RGB et extraction des paramètres de colorimétrie CIEL*a*b*. Cette méthode a été appliquée à 91 génotypes issue de populations en ségrégation pour ce caractère, et déployée par notre partenaire IFO. En parallèle, la chair des fruits a été analysée par UPLC-DAD sur le plateau PHYTO pour déterminer les différents polyphénols qui composent la chair rouge des pommes de ces 91 génotypes.

Résultats : La fiabilité de cette méthode de phénotypage a été démontrée par l'analyse des covariations entre les descripteurs colorimétriques et les données métaboliques. Ainsi la valeur moyenne de a^* , pour 4 fruits par génotype, est un bon proxy de la teneur en cyanidine 3-galactoside, anthocyane majoritaire dans la chair des fruits. De plus, ces travaux ont montré que les teneurs en flavonols et le pH contribuaient fortement à l'intensité de la coloration des fruits. Enfin, l'application de cette méthode sur deux années a permis de quantifier l'héritabilité de l'intensité de coloration rouge de la chair. Cette méthode rapide a ensuite été appliquée à 450 hybrides F1 durant 3 années (2021-2023) et a permis l'identification de nouveaux QTLs impliqués dans la coloration rouge ainsi que la proposition de nouveaux marqueurs pour la sélection. Deux autres articles sont issus de ces travaux (DOI : 10.1093/hr/uhae171 ; 10.3389/fpls.2024.1462545).

Perspectives : Cette méthodologie est actuellement utilisée sur différents sites dans le monde présentant des climats contrastés, pour l'analyse des interactions génotype x environnement (thèse TANDEM d'Eloïse Trompette, 2023-2026).

CONTACT

jean-marc.celton@univ-angers.fr



PARTENAIRES

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de la thèse CIFRE de Pierre Bouillon (2021-2024). Partenaires académiques : VALEMA et ImHorPhen pour l'IRHS, Plateau PHYTO et unité SONAS, et non académique : entreprise IFO.

PUBLICATIONS

doi : <https://link.springer.com/article/10.1186/s13007-024-01196-1>



FAITS MARQUANTS

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Image analysis and polyphenol profiling unveil red-flesh apple phenotype complexity

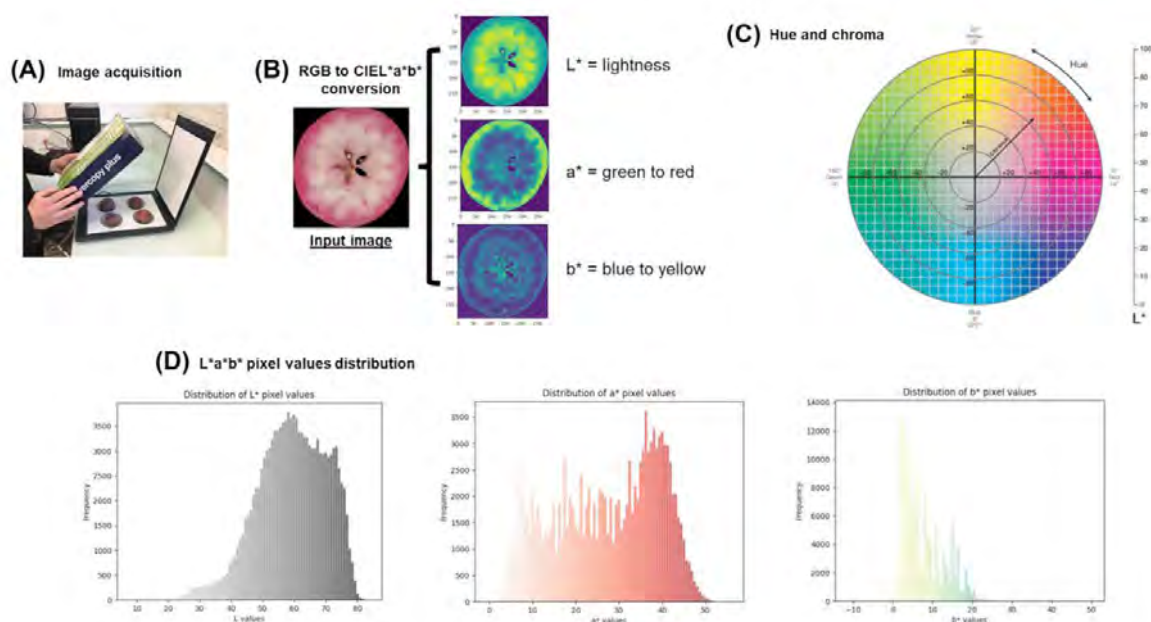


Figure : Description du pipeline d'analyse d'image : (A) acquisition d'image avec un scanner RGB dans des conditions reproductibles de luminosité ; (B) image RGB de sections de pommes et conversion des images RGB en CIEL*a*b* ; (C) détermination des paramètres Hue et Chroma à partir des descripteurs a* et b*. La moyenne et l'écart-type des matrices de valeurs de pixels sont calculés pour chaque canal.



FAITS MARQUANTS

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Impact of street trees on urban microclimate and human thermal stress: effect of heatwaves and droughts

Contexte : Les surchauffes urbaines, additionnées aux vagues de chaleur exposent les citoyens à un stress thermique croissant. Les arbres d'alignement peuvent permettre d'atténuer ces surchauffes grâce à l'ombrage et la transpiration, deux phénomènes qui peuvent dépendre de leurs caractéristiques morphologiques et physiologiques. En parallèle, les périodes de sécheresse se multiplient et la capacité des arbres d'alignement à croître tout en maintenant des services climatiques importants dans des conditions chaudes et sèches est en jeu.

Objectif : Pour améliorer la compréhension des facteurs influant sur les bénéfices climatiques des arbres, une démarche basée sur la mesure des interactions le long du continuum sol-arbre-atmosphère dans deux dispositifs expérimentaux complémentaires a été proposée. D'un côté, une rue canyon à échelle 1/5^{ème} partiellement végétalisée avec des jeunes pommiers d'ornement en pot et irrigués située à Angers (France) a été instrumentée pour quantifier les effets sur le microclimat d'arbres soumis à différentes disponibilités en eau. De l'autre, une campagne de mesures *in-situ* du microclimat dans et autour de la couronne de 36 arbres d'alignement adultes de 9 essences différentes répartis sur 5 sites dans Paris (France) a été menée.

Résultats : L'analyse croisée de ces deux dispositifs fournit une vue d'ensemble des sources de variabilité des bénéfices climatiques et propose aux aménageurs une meilleure compréhension des liens entre la résistance à la sécheresse des arbres d'alignement et leur pouvoir de réduction du stress thermique humain.

Perspectives : La comparaison de différentes espèces d'arbres en conditions plus contrôlées avec le dispositif multi-espèces développé à l'Institut Agro (Thèses D Canonne et P Parpay) permettra d'évaluer plus finement les effets du manque d'eau sur leur réponses physiologiques et morphologiques respectives ainsi que leur capacité à réduire le stress thermique.

CONTACT

pierre-emmanuel.bournet@institut-agro.fr



PARTENAIRES

EPHor, IRHS (STRAGENE), PIAF(Clermont-Ferrand), DEVE (Ville de Paris)

PUBLICATIONS

Thierry, J., 2024. Impact of street trees on urban microclimate and human thermal stress: effect of heatwaves and droughts. Thèse, L'Institut Agro Rennes-Angers, Angers. 325p.

Thierry, J., Herpin, S., Levi, R., Canonne, D., Demotes-Mainard, S., Cannavo, P., Lemesle, D., Brialix, L., Rodriguez, F., Bournet, P.E., 2024. Impact of a water restriction on the summer climatic benefits of trees inside an outdoor street canyon scale model. Building and Environment 261, 111722. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111722>.



FAITS MARQUANTS

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Impact of street trees on urban microclimate and human thermal stress: effect of heatwaves and droughts

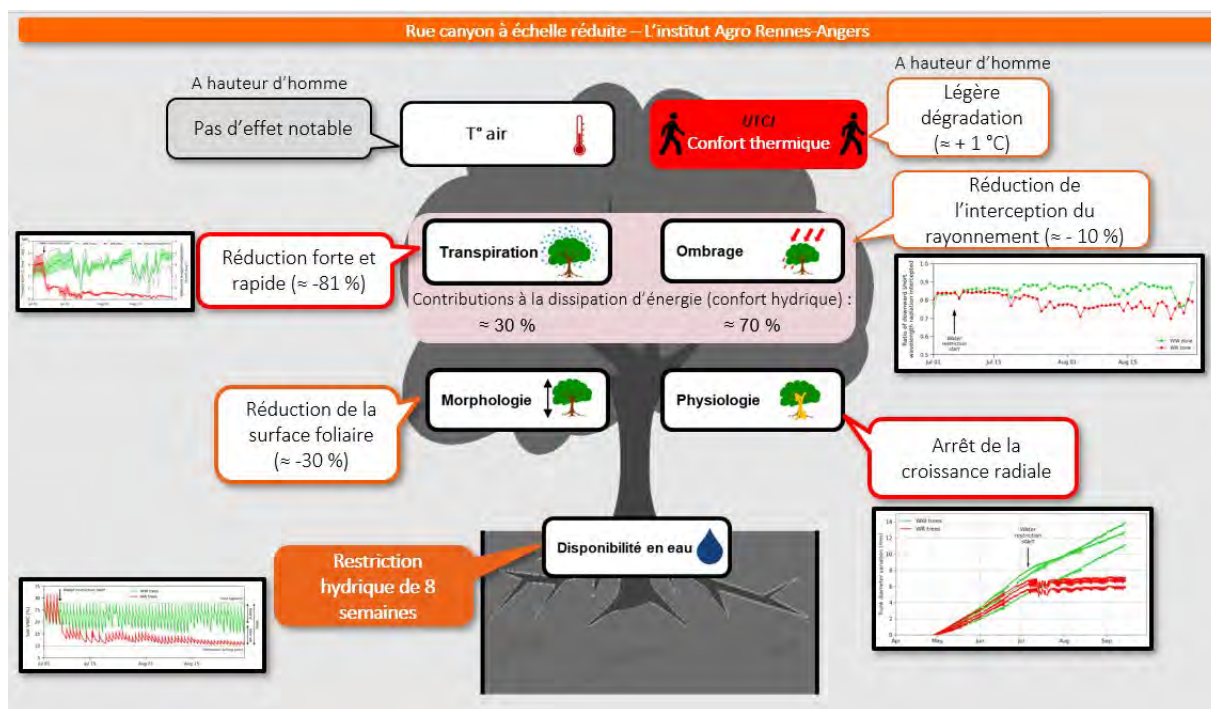


Figure 1 : Impact du climat urbain et d'une restriction hydrique sur la morphologie et la physiologie des arbres en ville, conséquence sur l'évapotranspiration et l'ombrage, et sur le microclimat et le confort humain sous les arbres.



RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Animation scientifique de l'axe

Il n'y a pas eu d'animation scientifique en 2024. La thématique des avantages et limites des outils d'intelligence artificielle (IA) apparaît dans les projets et les publications des chercheurs impliqués dans les thématiques de l'axe 3 en 2024 et 2025. Cette animation sur le sujet de l'AI, thème fédérateur, pourrait également faire l'objet d'un séminaire dans le contexte de la SFR Quasav, incluant tous les axes en 2026.

Action structurante

Un stage d'étudiant de master co-encadré par le SONAS et le LERIA est financé par les SFR QUASAV et MathSTIC sur la période 2024-2025. L'étudiant.e travaillera sur développement d'un logiciel pour cartographier les mélanges complexes de produits naturels plus rapidement et plus précisément en utilisant le LDI-HRMS (spectrométrie de masse haute résolution par ionisation laser sans matrice). La faisabilité de cette dernière approche sera plus particulièrement explorée.

Parmi les principaux nouveaux projets structurants, nous notons :

Dans le cadre de l'alliance EU Green (2023-2027, 9 universités européennes de taille moyenne dont l'Université d'Angers) autour des objectifs de développement durables, le SONAS et le plateau PHYTO de la SFR QUASAV ont été impliqués en 2024 dans deux projets de recherche en 2024 (Seedfunding AGRIBIOPEP et CDF+). Le projet AGRIBIOPEP (2024-2025) visant à valoriser les déchets de l'industrie agroalimentaire en étudiant des alternatives et des sources naturelles de protéines à bas prix a conduit au dépôt d'un projet européen FutureFoods (décembre 2024). Le projet CDF+ a conduit à un 2^e dépôt de staff exchange Marie Skłodowska-Curie Actions (MCSA) en 2024.

Un projet de thèse CIFRE sur l'effet d'un biostimulant à base d'acides aminés (Leafamine®) impliquant deux équipes de la SFR (STRAGENE et SMS) et l'entreprise BCFLife Sciences a démarré en Juillet 2024. Ce projet

porte sur la réponse de la laitue en condition de Stress Hydrique en développant une démarche intégrative pour une compréhension holistique des mécanismes de réponse de la plante entière. Plus précisément, il vise à identifier les mécanismes par lesquels Leafamine® améliore la tolérance de la plante au manque d'eau, en se concentrant sur le système racinaire et la sénescence foliaire. Les travaux antérieurs suggèrent que Leafamine® favorise le maintien de l'activité photosynthétique et modifie l'allocation des ressources dans la plante vers la racine. La recherche actuelle approfondit l'étude de ces effets au niveau physiologique et moléculaire, dans le but d'optimiser l'utilisation de Leafamine®.



RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Reviews and Opinion Papers

- Joan Doidy, Yuhui Wang, Léo Gouaille, Ingrid Goma-Louamba, Zhengrong Jiang, Nathalie Pourtau, José Le Gourrierec and Soulaïman Sakr. Sugar Transport and Signaling in Shoot Branching International Journal of Molecular Science. 2024 25, 13214.
<https://doi.org/10.3390/ijms252313214>
- Meunier M., Schinkovitz, A., Derbré, S. Current and emerging tools and strategies for identification of bioactive natural products in complex mixtures. Nat. Prod. Rep. 2024 41, 1766-1786.
<https://doi.org/10.1039/D4NP00006D>

Invitations à des colloques et séminaires

- A.Kerckhove, C. Lebras, J. Lothier, E. Mounier, S. Sakr (2024) The rhizobox perspective : A holistic analysis of biostimulant effects on plants. Biostimulants World Congress, 12-15 november, Miami, Etats Unis.
- Anne Laure Laroche, Allan Maignant, Caroline Widehem, Ronan Symoneaux, Gaelle Pantin-Sohier (2025). Comment réduire les risques d'échec des innovations produits en horticulture ? Une analyse de l'amont à l'aval jusqu'aux consommateurs - SIVAL 2025
- Séverine Derbré. Métabolites spécialisés de Cannabis sativa : diversité chimique et bioactivité. Chaire Innovations Agrosanté. Séminaire thématique « Cannabis médical : enjeux réglementaires et scientifique ». 28 novembre 2024. Angers (France).
- Séverine Derbré. Combining chemometrics and dereplication based on NMR and/or mass spectrometry: a way for natural product chemists to work more efficiently for humanity in a changing world? 4th France-Brazil meeting on Natural products. 11 novembre 2024. Aracaju (Brésil)
<https://view.genially.com/66753d34884b-460013b494cd>

- Séverine Derbré. Pharmacognosy faces new challenges: Proposals to combine chemometrics and annotations based on mass spectrometry and NMR for more accurate and faster identification of bioactive natural products in complex matrices (Keynote lecture). International Congress on Natural Products Research (ICNPR2024). 14 juillet 2024. Cracovie (Pologne).
<https://view.genially.com/6679360f93ad030014d2f562>

Accueil & Mobilité internationale

Mobilités entrantes

Accueil à **STRAGENE** (IRHS), de M. Yuhui WANG, doctorant Nanjing Agricultural University pour un séjour scientifique de 12 mois (mars 2024-mars 2025) pendant lequel il a travaillé sur la régulation de la ramification par les interactions strigolactones et sucres (saccharose).

Accueil au **GRAPPE** de Gvanta SHANSHIASHVILI, doctorante du Department of Food, Environmental and Nutritional Sciences (DeFENS), Università degli Studi di Milano, Italia, pendant 3 mois, sur le thème "Improving the grape pressing for a sustainable wine production chain (GrapePress 4.0)".

Accueil au **GRAPPE** de Himelda BAYOULA, doctorante de l'Université Marien Ngouabi (Congo) et de l'institut 2i, pendant 6 mois sur le thème « Formulation d'une liqueur thérapeutique à partir de déchets de la biomasse locale »

Mobilités sortantes

Dans le cadre du BIP internationalization for young researchers de l'EU GREEN, Auriane LEBLOND (doctorante **SONAS**, 2e année) s'est rendue à Plasencia (Université d'Extramadura) en Juillet 2024 pour une formation doctorale centrée sur l'acquisition de compétences transversales menant au dépôt et à la conduite de projets de recherche.

Dans le cadre du seedfunding CDF+, Jean-Jacques HELESBEUX (**SONAS**) s'est déplacé à Gävle (Suède) en Septembre 2024 pour monter un 2^e dépôt de staff exchange MSCA.



RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE

Axe 3 - Qualités et valorisation des productions végétales spécialisées

Dans le cadre du seedfunding AGRIBIOPEP (EU GREEN), **Séverine DERBRÉ (SONAS)** s'est déplacée à Badajoz (Université d'Extremadure, Espagne) en Avril 2024 pour construire le projet AGROPEPTY pour répondre à un AAP FutureFoods.

comme produits de biocontrôle est plus particulièrement explorée. Ce projet finance (Fibois Bretagne et la scierie Josso) les déplacements et l'environnement d'un stagiaire M2 par alternance recruté par Fibois Bretagne et exerçant au SONAS pendant 1 an.

Perspectives : projets émergents

Thématique VALORISATION DES MÉTABOLITES SPÉCIALISÉS COMME NOUVELLES GÉNÉRATIONS D'INHIBITEURS DE CROISSANCE DES VÉGÉTAUX

Depuis 2017, identifier des alternatives aux produits synthétiques, rémanents et toxiques destinés à contrôler la germination et la croissance des plantes constitue une des préoccupations majeures des divers acteurs socio-économiques. Dans ce contexte, la collaboration initiée en 2020 entre les équipes de l'axe 3 (**STRAGENE, SONAS**) et de l'axe 1 (**SMS**) se poursuit pour identifier des alternatives naturelles. Grâce à un test biologique validé, le criblage de produits et extraits végétaux a abouti en 2023 à l'identification de composés naturels prometteurs issus de co-produits. En 2024, une demande de financement effectuée dans le cadre du PUI Predict pour finaliser la purification de la fraction active n'a pas abouti. Nous prévoyons en 2025 de déposer une lettre d'invention auprès de la SATT (Structure de valorisation de la recherche publique) et de répondre à un appel à projet de recherche GRAINE auprès de l'ADEME Agence de la transition écologique.

Thématique VALORISATION BIOLOGIQUES DES MÉTABOLITES SPÉCIALISÉS ISSUS DE CO-PRODUITS

Le projet DeepInWood (octobre 2024-octobre 2025) est une collaboration entre l'association bretonne interprofessionnelle de la filière forêt-bois (**Fibois Bretagne**), la **Scierie Josso** et le **SONAS**. Il vise à la caractérisation et à la valorisation des métabolites spécialisés des co-produits du bois (éco-extraction, analyse déréplicative, chimiométrie pour identifier les produits bioactifs). Les effets des produits naturels en mélange sur la croissance des végétaux et



Moyens techniques mutualisés

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



Analyse 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).



Hight-throughput Microbiology

Le plateau technologique HIMIC (High-throughput Microbiology) est dédié à la culture romique des micro-organismes. Il met à disposition de la communauté scientifique instruments et expertises pour isoler et caractériser la diversité microbienne (Bactéries – Levures – Oomycètes – Champignons filamenteux).



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*.

PHYTO

Analyses phytochimiques

Ce plateau mutualisé propose des outils et compétences dédiées aux analyses qualitatives ou quantitatives de métabolites secondaires d'origine végétale.



Phénotypage des Semences et des Plantes

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



Analyse sensorielle du Végétal

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

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



ANAN Analyses 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 :

Muriel Bahut, Campus du Végétal - muriel.bahut@univ-angers.fr

Tél. : 02 41 22 56 76



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 (0,1ETP) : Robot de pipetage
- Jessica Dittmer (0.1 ETP) : projets MinION
- Vincent Guérin (0,1 ETP) : Broyeurs
- Julien Jeauffre (0,2 ETP) : Projets RNAseq / qPCR / Bioanalyseur
- David Lalanne (0,1 ETP) : qPCR / Bioanalyseur/Robot d'extraction
- Coralie Marais (0.2 ETP): Projets de séquençage Miseq Barcoding
- Aurélien Petiteau (0.1 ETP) : Robot de pipetage
- Maria Dolores Perez Garcia (0,1 ETP) : Robot d'extraction

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 moyen débit, de manière environnée ou non, pour des études préliminaires et/ou des mises au point technologique notamment avant le passage en

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 ANAN a 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 Acides Nucléiques

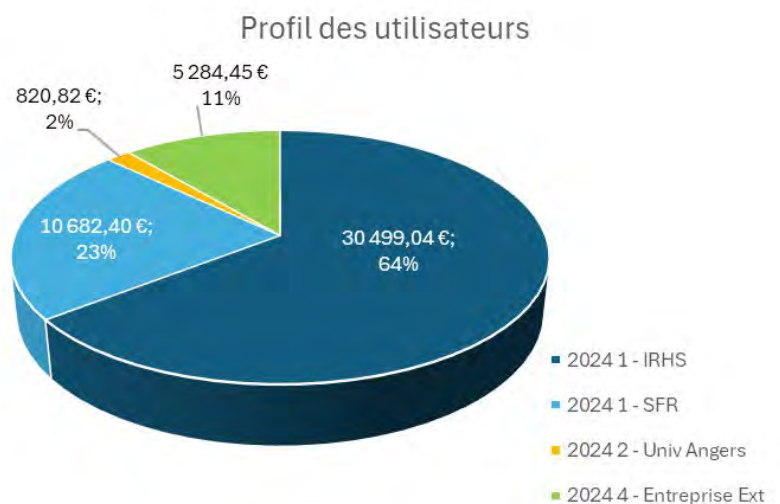


Principaux équipements

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

Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2024

2024	Nombre d'échantillons ou runs
Bioanalyzer	45
Broyeur Mini G	191
Fluostar	94
Freezer Mill	8
ISeq100	4
Minion	19
Miseq	19
Nanodrop	5625
qPCR	146
Qubit	1996
Robot ideal32	10
Robot Zéphyr	104



Les utilisateurs du plateau restent des utilisateurs de proximité, principalement les équipes de la SFR QuaSaV (87%), dont l'IRHS (64%). Il est à noter que 11% des utilisateurs viennent d'entreprises extérieures.



ANAN ANalyses Acides Nucléiques



Faits marquants 2024

Aménagement

La SFR a également financé l'aménagement de l'ancienne salle de radioactivité du plateau ANAN qui a été déclassée, vidée et réaménagée en salle de séquençage pour accueillir les séquenceurs short reads Illumina et les séquenceurs long reads Minion. Cela a permis de libérer de l'espace dans les deux autres laboratoires du plateau ANAN pour que les utilisateurs du plateau puissent travailler de manière plus aisée.

Équipements

Grâce au financement de la SFR, le plateau ANAN a investi dans un deuxième poste informatique possédant une carte graphique de haute performance pour les analyses de séquençage long reads Minion permettant ainsi de diminuer le temps de calcul pour le basecalling et de dédoubler le poste de séquençage. Le plateau peut ainsi faire face à une demande croissante de ces projets.

La procédure de mise en concurrence pour l'achat d'un robot de pipetage financé par le CPER PHIMO s'est clôturée par la sélection du fournisseur Hamilton. Le robot sélectionné possède une tête de pipetage 96 ainsi qu'un bras avec 8 pipettes indépendantes. Cet équipement, amené à remplacer le robot Zephyr vieillissant, permettra de réaliser les protocoles déjà en place sur le robot Zéphyr (préparation de plaque de qPCR en format 96 et 384, la normalisation des ADN, les dilutions...) en ayant moins de volumes morts. Des protocoles d'extraction d'acides nucléiques, de préparation de plaques de dosage picogreen, d'automatisation des étapes de préparation de bibliothèques de séquençage seront développés dans un deuxième temps. La traçabilité des consommables sera maintenant possible grâce à un lecteur de code barre automatique intégré au robot.

Animation

En partenariat avec l'entreprise Illumina et l'équipe Emersys de l'IRHS, le plateau ANAN a poursuivi pour la 2ème année consécutive l'accueil de 4 stagiaires de Master Biologie Végétale de l'Université d'Angers (2 fois 1 semaine), avec pour projet l'identification de souches bactériennes du poirier et cerisier par séquençage génomique.

Projet

Le plateau ANAN est partenaire du projet CASDAR SeqDetectVeg porté par le GEVES dont le but est de développer des marqueurs spécifiques de microorganismes fongiques pathogènes de semences potagères pour une identification par séquençage. Ce projet regroupe le GEVES porteur du projet, les semenciers Vilmorin-Mikado, HM Clause, Sakata Vegetables, et les équipes Fungisem et Emersys de l'IRHS.

Principales valorisations 2024

Le plateau ANAN a été remercié dans 6 publications en 2024.



ANAN
ANalyses Acides Nucléiques



Perspectives 2025

L'année 2025 sera consacrée à la prise en main du robot de pipetage Hamilton Starlet en collaboration avec les deux référents Annie Chastellier et Aurélien Petiteau : dans un premier temps en retranscrivant les protocoles utilisés sur le robot Zéphyr puis dans un deuxième temps en développant des protocoles nouveaux devenus possibles par les nouvelles fonctionnalités apportées par le robot Hamilton.

Une animation sera proposée sous forme de jeu durant l'année 2025 dont le but sera de faire (re)découvrir aux membres de la SFR QuaSav les nouveaux outils acquis tout au long de ces dernières années par le plateau ANAN.

Le site internet du plateau sera également mis à jour dans la nouvelle interface utilisée par la SFR.

Avec l'aide du pôle bioinfo de l'IRHS, une nouvelle modalité de sauvegarde des données de séquençage sur des serveurs extérieurs sera mis en place en 2025.



Starlet (Hamilton) : nouveau robot de pipetage du plateau ANAN



HIMIC High-throughput Microbiology

PLATEAU TECHNIQUE



Responsable Scientifique

Marion Fisher-Le Saux, marion.le-saux@inrae.fr 

Référents

Muriel Marchi : mycologie, suivi de croissance microbienne au néphélomètre

Brice Marolleau : bactériologie, suivi de croissance bactérienne à l'AzurEvo (MilliDrop), Robot pipeteur

Géraldine Taghouti : bactériologie, profilage métabolique avec l'Omnilog (Biolog)

Cécile Dutrieux : énumération des cellules bactériennes au QUANTOM-Tx

Perrine Portier : conservation des ressources microbiennes, lien avec le CIRM

Comité de pilotage (COFIL)

Composition du COFIL

Direction de la SFR QUASAV (F. Foucher, V. Raymond, P. Poupard)

Direction de l'IRHS (M-A. Jacques, S. Balzergue, P. Vandaële)

Responsable du PTM et référents

Invitées : E. Briand-Dubreuil (partenariat centre), C. Stien (ingénieure filière UA)

Dates des COFIL

30 mai 2024

16 décembre 2024

Les COFIL ont permis de statuer sur le positionnement du plateau HIMIC : c'est un PTM de la SFR QUASAV dont la gestion financière est assurée par l'IRHS.

Comité scientifique d'utilisation (CSU)

Utilisateurs présents : Alba Noël ; Marie Simonin ; Natalia Guschinskaya, Claire Campion, Antoine Porquier, David Lalanne, Céline Mirguet, Aurelia Rolland, Muriel Bahut

Représentants du PTM : Muriel Marchi, Brice Marolleau, Perrine Portier, Marion Fischer-Le Saux

date du CSU : 8 novembre 2024

Introduction

Le plateau technologique HIMIC (High-throughput Microbiology) est dédié à la culturomique des micro-organismes. Il met à disposition de la communauté scientifique instruments et expertises pour isoler et caractériser la diversité microbienne (Bactéries – Levures – Oomycètes – Champignons filamenteux).

Il fait appel à des **technologies moyen ou haut-débit de suivi de croissance des micro-organismes** (microplaques, millifluidique). L'expertise du plateau recouvre le profilage métabolique à l'aide des plaques Biolog, le suivi de croissance dans différentes conditions, le criblage d'activités antimicrobiennes, l'assemblage de communautés microbiennes synthétiques (syncoms), l'isolement par dilution/extinction...

Fonctionnement

L'année 2024 est la première année de fonctionnement du plateau HIMIC en tant qu'évolution de l'ancien PTM COMIC. Les instances de gouvernance ont été mises en place (réunions mensuelles des référents, COFIL et CSU). Les référents assurent la prise en main des équipements et leur maintenance. Ils forment les utilisateurs et gèrent le planning de réservation. Ils assurent du développement méthodologique de pointe pour répondre aux problématiques de recherche liées à l'étude des micro-organismes associés aux plantes.

La gestion documentaire interne du plateau s'effectue sur nexcloud.inrae.fr.

Le plateau dispose d'un laboratoire rénové et agréé pour la manipulation des micro-organismes réglementés OGM et quarantaine.

Principaux équipements

Le plateau HiMic rassemble des équipements dédiés à la microbiologie, permettant le suivi de croissance des micro-organismes en microplaques ou en gouttes (technologie millifluidique). Il dispose d'équipements complémentaires pour la quantification des inocula et la préparation des microplaques.

Liste des équipements

Néphélomètre équipé d'un distributeur de plaques (BMG-labTech).



Omnilog (Biolog) (suivi de croissance en plaques Biolog).

AzurEvo (MilliDrop) (suivi de croissance en gouttes, scattering, fluorescence verte et rouge).

Robot pipeteur (epMotion 5073, eppendorf).

QUANTOM-Tx (Logos Biosystems) (dénombrement des cellules par imagerie).

Site web du plateau technique HIMIC :

<https://www.sfrquasav-angers.org/plateaux-techniques/himic>

Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2024

Équipement	Nombre de projets	Volume d'échantillons
Quantom-Tx	6	147 échantillons
Robot pipeteur	3	100 heures
Omnilog	5	136 plaques
Néphélomètre	3	115 plaques
AzurEvo - Millidrop	3	700 heures (24 runs)

Faits marquants 2024

Acquisition 2024

- En mars 2024, le plateau HIMIC a réceptionné **l'un des tout premier AzurEvo-Millidrop sorti d'usine**, un instrument innovant qui permet de suivre la croissance bactérienne dans des gouttes de 1 μ L et suivre simultanément jusqu'à 2000 cultures.
- L'aménagement du laboratoire a été finalisé avec la livraison de deux nouvelles paillasse.
- Une nouvelle tête monocanal 40-1000 μ L a été acquise pour le robot pipeteur EpMotion, ce qui facilitera l'assemblage de communautés microbiennes synthétiques.

Projets

Suite à l'arrivée de l'AzurEvo Millidrop, plusieurs semaines de pré-tests ont permis la prise en main de l'instrument avec une diversité de souches bactériennes et de milieux de culture. Les essais réalisés ont permis la réalisation de différents types d'expériences : inhibition de croissance, isolement par dilution-extinction, croissance sur différentes sources de carbone, etc.

Les équipes de l'IRHS impliquées dans le projet SUCSEED, ont pu effectuer sur le plateau, **le screening de potentielles solutions de biocontrôle** émanant du projet (exsudats de semences de haricots traités avec des stimulateurs de défense des plantes, petits peptides à potentiel antimicrobien identifiés sur tomate) **vis-à-vis d'agents pathogènes fongiques** tels que *Alternaria brassicicola* et *Pythium ultimum* (utilisation du néphélomètre) ou **bactériens** tels que *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ou *Clavibacter michiganensis* (utilisation de l'AzurEvo Millidrop).

Animations - Communication

Deux visites du PTM HIMIC ont été organisées en 2024 :

- A l'occasion de la semaine internationale, **32 étudiants de l'IUT** parcours agronomie de l'université d'Angers ont pu découvrir les équipements et activités du plateau.
- La visite du plateau HIMIC était au programme du séminaire « Les fous de tomate » en octobre.
- Le site web du plateau a été mis à jour.

Principales valorisations 2024

- Hubert B, Marchi M, Ly Vu J, Tranchant C, Tarkowski ŁP, Leprince O, Buitink J (2024) A method to determine antifungal activity in seed exudates by nephelometry. Plant Methods 20:16 <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01144-z>
- Portier P, Dutrieux C, Oussou M., Hollopp I., Maire C., Jagline S., Taghouti G. 2024. Challenges of microbiota preservation: the example of seeds. Poster presented at 5th Plant Microbiome Symposium, Amsterdam Netherland, 17-21 June 2024



HIMIC High-throughput Microbiology



- Fischer-Le Saux M., Taghouti G., Kostitsyna T., Turdiev T., Suteau L., Decroocq V. 2024. Diversity of *Xanthomonas* species isolated on *Juglans regia* L. in its cradle in Central Asia. Poster with lightning talk presented at : 15th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria and the 5th International Symposium of Biological Control of Bacterial Plant Diseases, Blacksburg, VA, USA, 7-12 July 2024

Perspectives 2025

Projets

Les gros projets utilisateurs du PTM HIMIC en 2025 seront SUCSEED (Programme Prioritaire de Recherche « Cultiver et Protéger Autrement ») et MICROBE (projet Horizon Europe). Ces deux projets ont permis le recrutement de 2 CDDs qui réaliseront la majorité de leurs expérimentations avec les équipements du plateau. Par ailleurs, deux projets financés en 2025 par le département Santé des plantes et Environnement d'INRAE mobiliseront les équipements du plateau (Omnilog et AzurEvo Millidrop).

En réponse à l'appel à projet Infrastructure axe2 du Grand défi biocontrôle et biostimulation pour l'agroécologie, la version finalisée du projet SUPRASEED (Réseau d'Évaluation des Approches de Biostimulation et de Biocontrôle pour la Protection et la Stimulation des Semences et Plants) a été soumise en janvier 2025 par le coordinateur Loïc Rajjou (IJPB). La responsable scientifique du plateau HIMIC (Marion Fischer-Le Saux, IRHS) coordonne le workpackage « *Evaluation of Biosolutions Impact on Microorganisms* » au sein de ce projet d'infrastructure distribuée.

Actions support

Nous poursuivons la mise en place du fonctionnement du plateau. Nos priorités 2025 sont :

- la mise en place de la tarification et du fonctionnement budgétaire au sein de l'IRHS,
- la mise en ligne de la charte utilisateur.



Chargement d'échantillons sur l'AzurEvo Millidrop
Crédit : Capture d'écran extraite de la vidéo Millidrop réalisée sur le PTM HIMIC



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



Responsables

Responsable opérationnelle :

Aurélia Rolland, Ingénieur d'Étude Université Angers - aurelia.rolland@univ-angers.fr

Responsable scientifique :

David Macherel, Prof. Université Angers (UMR1345 IRHS) - david.macherel@univ-angers.fr

Responsable technique :

Fabienne Simonneau, Technicienne INRAE (UMR1345 IRHS) - fabienne.simonneau@inrae.fr



Introduction

Le plateau technique IMAC de la SFR 4207 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 imagerie microscopique.

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'observations en microscopie photonique (transmission, contraste de phase et d'interférence différentielle, épifluorescence, microscopie confocale à balayage laser et spinning disk) et microscopie électronique (MEB, microscope électronique à balayage). 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).

Principaux équipements

Le PTM-IMAC, hébergé par l'IRHS dans le bâtiment du Campus du Végétal, dispose d'un parc d'équipements d'une valeur globale de **1 462 k€**. Ce montant inclut non seulement le coût d'achat des équipements, mais aussi les investissements réalisés pour les accessoires, les mises à jour logicielles et les améliorations techniques.

Seuls les équipements d'un montant d'achat supérieur à 10 k€ sont listés ci-après :

Équipements de microtomie

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

Observations et analyses

Microscopie photonique

Microscope Leica DM1000 (2006)
Microscope Olympus BH2 (1984)
Stéréomicroscope Olympus SZX16 (2007)
Microscope confocal à balayage laser NIKON A1 (2010)
Microscope Zeiss Axio Imager Z2, (2013)
Macroscopie Zeiss Axio Zoom V16 (2019)
Spinning disk Crest-Optics X-Light V3 (2020)
Microscope confocal à balayage laser NIKON AX (2024) new !

Microscopie électronique

Microscope électronique à balayage
Phenom MEB PRO G2 (2012)

Plus d'informations

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.





IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



Nouvelle acquisition

Acquisition d'un nouveau microscope confocal en 2024

Dans le cadre du projet CPER 2021-2027 IMAX-Veg, piloté par D. Rousseau et intitulé "Imagerie d'excellence pour le végétal", l'acquisition d'un nouveau microscope confocal AX de chez NIKON a été réalisée. Il s'agit d'un microscope inversé Ti2E entièrement motorisé avec un système confocal AX, incluant en particulier un détecteur dernière génération super-résolution NSPARC.



Microscope confocal AX avec NSPARC, mis en service sur IMAC, salle A1-97



Scie circulaire de précision à basse vitesse

Petite scie circulaire pour tailler les échantillons inclus en bloc de résine pour les analyses histologiques. (société ESCIL).

Cet équipement permet d'obtenir des coupes nettes et précises tout en préservant l'intégrité des échantillons fragiles, un point essentiel pour garantir des résultats d'imagerie de haute qualité.



Tronçonneuse Micracut 152, ESCIL.





IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



Ajout d'un accessoire optique supplémentaire sur un équipement d'imagerie du plateau :

Imagerie à fort grossissement : Acquisition d'un objectif supplémentaire pour le microscope AXIO Imager.Z2, ZEISS : Objectif Plan-Apochromat 63x/1,4 Oil M27 (df=0,19mm).

L'acquisition de l'objectif Plan-Apochromat 63x/1,4 Oil M27 pour le microscope AXIO Imager.Z2 vise à améliorer les capacités d'imagerie du plateau, en particulier pour les observations nécessitant un fort grossissement et une haute résolution. Cet objectif permet d'optimiser l'acquisition d'images à l'échelle subcellulaire, offrant une meilleure précision pour l'analyse de structures fines telles que les parois cellulaires, les organites, les bactéries ou encore les interactions moléculaires.

Grâce à son ouverture numérique élevée (1,4), il garantit une excellente transmission de la lumière et une résolution optimale, essentielle pour la microscopie à fluorescence et les techniques d'imagerie avancées. L'ajout de cet objectif vient compléter la gamme existante sur la tourelle du microscope (10x, 20x, 40x Oil, 100x Oil), qui comporte désormais cinq objectifs sur six emplacements disponibles, offrant ainsi une plus grande flexibilité aux utilisateurs en fonction de leurs besoins expérimentaux.



Objectif Plan-Apochromat 63x/1.4 huile pour le microscope AXIO IMAGER Z2, ZEISS



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



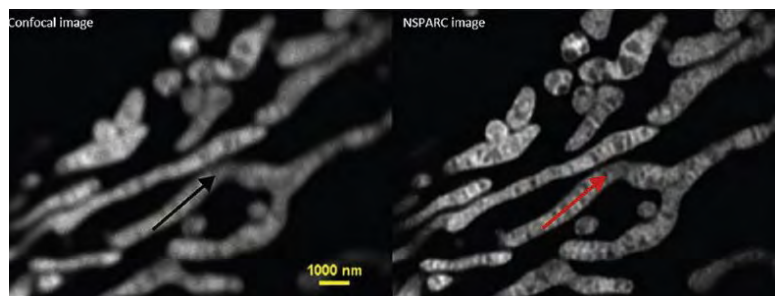
Filtre à l'émission triple bande GFP 520/50 : 495-545 // mCherry 595-630 (confocal AX-NSPARC) (NIKON)

Notre nouveau microscope confocal AX Nikon est couplé avec le **détecteur innovant NSPARC** (Nikon Spatial Array Confocal). Ce système repose sur la technologie d'Imaging Scanning Microscopy (ISM), qui permet d'améliorer la qualité des images sans augmenter l'intensité de l'illumination. Grâce à son détecteur matriciel ultra-sensible, le NSPARC offre une super-résolution équivalente à un diaphragme fermé à 0,2 Airy Unit (AU), tout en préservant un signal de haute qualité. Cela permet d'obtenir des détails plus fins que ceux offerts par les microscopes confocaux traditionnels.



Microscope confocal AX avec NSPARC, NIKON

L'acquisition d'un filtre triple bande (DAPI//GFP//mCherry) en amont du détecteur NSPARC permet à présent des **acquisitions simultanées pour trois bandes passantes majeures**, facilitant ainsi le suivi de modèles en mouvement. Cette amélioration contribuera également à des vitesses d'acquisition plus rapides, réduisant le temps consacré à la rotation des filtres d'émission.



A

B

Observation de la morphologie et de la dynamique mitochondriales. (A) Images des mitochondries acquises avec des images confocales conventionnelles (à gauche) et le détecteur NSPARC (à droite) d'après Igniting New Confocal Imaging Potential – Nikon AX R Series with NSPARC." (2023). Microscopy Today. <https://doi.org/10.1093/mictod/qaad088>.

Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2024

L'activité du plateau peut être évaluée en considérant le nombre de demandes de projets en imagerie cellulaire, qui s'élève à **34 projets** mis en oeuvre durant l'année 2024, contre 41 en 2023. Un autre indicateur clé est le volume horaire annuel d'occupation des équipements, qui atteint 1 137 heures en 2024, comparé à 1 207 heures en 2023.



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



Principaux projets

L'évaluation de l'activité du plateau repose sur le nombre de projets d'imagerie cellulaire déposés par les chercheurs de la communauté scientifique végétale angevine et ses partenaires. La répartition de ces projets au cours des cinq dernières années, selon les axes de recherche de la SFR, est présentée cidessous.

Axes de la SFR	2020 COVID	2021	2022	2023	2024	
Axe 1 : Gestion durable de la santé des plantes	10	13	10	14	16	
Axe 2 : Qualité physiologique et sanitaire des semences	10	8	5	11	5	
Axe 3 : Qualités des productions végétales spécialisées	5	12	7	10	6	
Multi axes (axes 1-2, axes 1-3, axes 2-3)	2	2	1	2	0	
Autres : Axes hors SFR	0	2	4	4	7	
						Moy
Total	27	37	27	41	34	33
Nombre étudiants en thèse impliqués	9	7	10	9	12	

Évolution du nombre des projets et de leur répartition, par axe depuis 2020 sur le PT IMAC.



Au cours de l'année 2024, **34 projets** ont été initiés ou poursuivis sur le plateau IMAC, dont 10 sont en lien avec des sujets de thèse, ce qui représente 35% des projets conduits sur 2024.



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



Accueil des stagiaires et projets collaboratifs

Sur le plateau IMAC, nous offrons un cadre dynamique pour des stages pratiques, permettant aux étudiants d'explorer les technologies avancées d'imagerie cellulaire végétale. Les stages suivants ont été menés sur nos équipements :

PROJETS EXPERIMENTAUX VegLab : Déborah LEUGNIER, Eloi COPLEUTRE (M1 Biologie Végétale) **Projet iMetSap, IMAC 2024-14**

Louis Brossard, doctorant à l'IRHS-SMS, a poursuivi un projet collaboratif initié avec Marilyn C. Ball de l'Australian National University, visant à comprendre comment les arbres contrôlent les flux d'eau entre leurs tissus lors de contraintes hydriques ou osmotiques. Déborah Leugnier et Eloi Copleutre, étudiants en Master 1, ont participé à l'étude en développant des protocoles de transparence et de coloration pour observer les faisceaux de phloème dans les veines terminales (faisceaux cribro-vasculaires) des feuilles de plusieurs espèces d'arbres (eucalyptus, banksia, palétuvier) et de plantes herbacées (lupin, tournesol et plantain). Ces échantillons ont été analysés avec les équipements du Plateau IMAC, notamment le microscope ZEISS et le microscope confocal AXIO IMAGER, pour explorer les terminaisons entre les cellules de phloème et de xylème. Les étudiants ont exprimé leur reconnaissance pour l'encadrement reçu et ont partagé leur travail dans une vidéo accessible ici : <https://youtu.be/fhzlxuaDF90?feature=shared> ✨

Clément ROUVIER (stagiaire M2, IARA) **Projet Stress-pept, IMAC 2024-18**

Responsable : P. GRAPPIN, IRHS-FungiSem

Clément Rouvier, en M2 dans le cadre de la Chaire SEMAE et boursier financé par cette chaire, a participé à un projet ANR dirigé par Sébastien Aubourg sur l'étude des peptides sécrétés et leur rôle dans la réponse aux stress biotiques. Ce projet se concentre sur la caractérisation de peptides impliqués dans la réponse de la graine infectée par *Alternaria brassicola* durant la germination. L'objectif est de tester l'effet de ces peptides sur la résistance de la graine en développant une stratégie de bio-priming.

Clément a utilisé le **logiciel ZEN-Intellisys** (ZEISS), qui permet une analyse avancée des images et intègre des outils de machine learning pour extraire des données quantitatives sur les phénotypes. Grâce à ce logiciel, il a pu évaluer la sensibilité des mutants affectés par l'activité des gènes codant pour ces peptides. Les analyses ont été menées dans le cadre du modèle *Arabidopsis / Alternaria*, en se concentrant sur le comportement germinatif et les symptômes d'infection durant la germination et la levée des graines (mesures automatiques des surfaces infectées par rapport aux surfaces totales de l'échantillon).

Emma ENGUEHARD (M1 IARA, Césure, mars-août 2024) **Projet Agg-FREDI, IMAC 2024-04**

Responsable : A. FRANTZ (Doctorante), A. DEGRAVE, IRHS-ResPom

Les travaux réalisés sur le plateau IMAC visent à détecter la présence des protéines MdAGG par immunohistochimie afin de mieux comprendre leur rôle dans la réponse de défense du pommier face à *E. amylovora*. Le travail d'Emma Enguehard a permis de valider et d'affiner les protocoles d'immunomarquage des agglutinines et de la bactérie *E. amylovora*, établissant ainsi des bases solides pour une méthode fiable et reproductible de détection des protéines spécifiques dans les tissus végétaux. Les coupes à l'ultramicrotome réalisées au SCIAM ont été cruciales pour l'observation au microscope AXIO IMAGER en fluorescence, fournissant des données essentielles pour mieux comprendre l'implication de ces protéines dans la défense du pommier.



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



**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, L2 Parcours Biologie Végétale,

Équipement IMAC : Microscopie confocale

Responsable : David MACHEREL, IRHS-SMS

date : 23/01/2024 - 25/01/2024

Les étudiant(e)s du module de physiologie végétale (Licence 2 parcours Biologie végétale) ont participé par binomes à un atelier pratique d'une heure sur l'imagerie de fluorescence en microscopie confocale. Au cours de la séance des observations des cellules en direct (*in vivo*) ont permis de visualiser des organites (chloroplastes et mitochondries), ainsi que le cytosquelette d'actine dans les cotylédons de plantules d'*Arabidopsis* exprimant des protéines fluorescentes. Ces étudiant(e)s ont ainsi bénéficié d'une réelle immersion dans une technique d'imagerie avancée appliquée à l'étude des structures cellulaires végétales.

Visites, rencontres

L'accueil de visiteurs sur le plateau IMAC met en lumière la diversité des publics intéressés par nos activités, qu'il s'agisse d'étudiants, de chercheurs ou de délégations. Ces interactions ont offert une opportunité unique de découvrir les technologies de pointe et les équipements du plateau, tout en permettant de vivre une expérience pratique enrichissante dans le domaine de l'imagerie cellulaire végétale.

15.01.2024 : Une délégation de l'**Université Laval**, basée à Québec et partenaire de la Zone AgTech, a visité le Campus du Végétal et les plateaux de la SFR QuaSaV. L'Université Laval, unique faculté francophone d'agriculture en Amérique du Nord, a été représentée par Denis Roy (Doyen), Xavier Desmeules (Responsable des partenariats), et Réjean Bacon (Directeur des infrastructures de recherche). Cette visite a été organisée par Aldev, l'agence de développement économique d'Angers Loire Métropole.

15.01.2024 : Un groupe de 31 étudiants en **première année d'IUT** (parcours agronomie) accompagné de deux enseignants (Catherine Bernard et Dominique Perrissin-Fabert), a visité le plateau IMAC. Divisés en trois groupes de 11, les étudiants ont assisté à une présentation des équipements de coupes et de microscopie. Cette visite s'inscrivait dans un projet de communication avec Sabrina Grenier, responsable communication du Centre INRAE Pays de la Loire.

17 au 21.06.24 : **six lycéens** de diverses filières ont visité le plateau IMAC dans le cadre de leur découverte des métiers scientifiques. En lien avec Vanessa Soufflet, Maître de conférences en Horticulture et Semences à l'Institut Agro Rennes-Angers, cette visite a permis de présenter les équipements et les différents aspects du travail sur le plateau IMAC. La semaine étant dédiée à la découverte des métiers scientifiques, les jeunes ont été accueillis dans différentes structures de recherche.

21.11.2024 : Dans le cadre de la journée **DUODAY**, dédiée à l'inclusion des personnes en situation de handicap, le plateau IMAC a accueilli Didier Lesage pour une présentation des métiers de laboratoire d'INRAE à l'IRHS. Cette journée lui a permis de découvrir les activités de notre laboratoire et de mieux comprendre les enjeux liés à l'inclusion professionnelle.

27.11.2024 : **Gabriella LOPEZ**, élève en classe de 3^{ème}, a visité le plateau IMAC pour découvrir les technologies d'imagerie végétale dans le cadre du projet VegLab et les différents équipements utilisés.

10.12.2024 : C'est cette fois le plateau IMAC qui a été invité avec d'autres structures mutualisées de l'Université à découvrir sur site les services de la **DRIED** (Direction de la Recherche et de l'Innovation pour le Développement), incluant une présentation des modalités de partenariat avec des structures extérieures, ainsi que le cycle de vie de la prestation de



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



service. Après la visite des locaux et la présentation des différents services, les participants ont eu l'opportunité d'échanger autour du cadre de collaboration et des perspectives d'innovations partagées.

17.12.2024 : Visite du PT par **18 étudiants** de Master 1 Spécialité Horticulture, **IARA**, accompagné par **Soulaiman SAKR** (IRHS-StraGene). Ce module a pour objectif d'apporter aux étudiants des connaissances approfondies en physiologie et biologie moléculaire, en lien avec les principaux processus du développement des plantes. Ce module s'appuie sur l'expertise d'intervenants français et européens, chacun reconnu dans son domaine de recherche. Dans cette démarche, la visite de la plateforme constitue une étape importante. Elle offre aux étudiants l'opportunité de découvrir un large éventail de techniques et d'expertises mobilisables par les chercheurs, tout en leur permettant de mieux comprendre la dynamique de leur écosystème.

Principales valorisations 2024

En 2024, les membres du plateau IMAC ont contribué en tant que co-auteurs à **une** publication scientifique et ont été expressément remerciés dans **quatre** publications. Par ailleurs, leur expertise a été citée dans des posters, des mémoires de Master et des thèses de doctorat de l'Université d'Angers.

Publication 2024, co-auteur

Ortega-Cuadros M, Aligon S, Arias T, Vasco-Palacios AM, Rosier-Pennevert C, Guschinskaya N, Rolland A, Grappin P (2024) **Fungal Necrotrophic Interaction: A Case Study of Seed Immune Response to a Seed-Borne Pathogen.** *Seeds* 3: 216–227

Publication 2024, remerciements

Réthoré et al., 2024

Réthoré, E., Pelletier, S., Balliau, T., Zivy, M., Avelange-Macherel, M.H., Macherel, D., 2024. **Multi-scale analysis of heat stress acclimation in Arabidopsis seedlings highlights the primordial contribution of energy-transducing organelles.** *Plant Journal* 119, 300–331. <https://doi.org/10.1111/tpj.16763> ✨

Galloux et al., 2024

Galloux, M., Bastiat, G., Lefrancois, C., Apaire-Marchais, V., Deshayes, C., 2024. **Nanoencapsulated deltamethrin combined with indoxacarb: An effective synergistic association against aphids.** *JPestic Sci.* <https://doi.org/10.1584/jpestics.d24-003> ✨

Lerenard et al., 2024

Lerenard, T., Aligon, S., Poupard, P., Le Corff, J., 2024. **In Planta Inoculation of *Trichoderma viridarium* Reduces Seed Transmission of the Fungal Pathogen *Alternaria brassicicola*.** *Journal of Phytopathology* 172. <https://doi.org/10.1111/jph.70000> ✨

Hamama et al., 2024

Hamama, L., Bosselut, J., Voisine, L., Thouroude, T., Ogé, L., Chameau, J., Vilfroy, C., Foucrier, S., Pierre, S., Jeauffre, J., Foucher, F., Hibrand – Saint Oyant, L., 2024. **Rose FT homologous gene overexpression affects flowering and vegetative development behavior in two different rose genotypes.** *Plant Cell Tissue Organ Cult* 156. <https://doi.org/10.1007/s11240-024-02695-8> ✨



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



Animations 2024

Démonstration d'équipements

En complément des équipements de phénotypage à l'échelle macroscopique prévus pour la plateforme PHENOTIC, une série d'équipements vise à élargir l'offre proposée sur le Plateau IMAC (**projet CPER 2021-2027 IMAX-Veg**). Il s'agit ici de permettre le phénotypage des populations de cellules ou des tissus végétaux sur site à l'état natif.

Poursuite des séries de démonstrations

Dans le cadre des futures acquisitions, plusieurs démonstrations ont été organisées afin de découvrir des équipements récents dans le domaine :

- Microscope scanner de lames,
- Microscope électronique de table.

Ces animations, sous forme de démonstrations ou d'ateliers pratiques, ont permis de tester ce type d'équipement sur les modèles étudiés au sein de la SFR, en collaboration avec des sociétés leaders du domaine.

Démonstrations : Scanner de lame 2023

- Scanner de lames **VS200**,
Société Evident-Olympus,
(6-7 décembre 2023)

2024

- Scanner de lame **NanoZoomer S60**,
Société Hamamatsu,
(16-17 janvier 2024)
- Scanner de lame **Axioscan 7**,
Société ZEISS,
(22-26 janvier 2024)

Démonstrations : Microscope électronique à balayage de table 2023

- Microscope électronique à balayage
de table **Phenom ProX G6**,
Société France Scientifique,
(11-12 décembre 2023)

2024

- Demo Société TESCAN par visio
(18 janvier 2024)
- MEB **SNE-ALPHA**, Société Synergie4,
(12 mars 2024)

Chaque société a présenté son système et ses spécificités en imagerie, suivi de demi-journées d'ateliers encadrés par des ingénieurs d'application. Ces sessions ont permis aux participants d'explorer les possibilités et les limites des équipements.

La participation a été forte, avec 19 chercheurs issus de sept équipes de l'IRHS, ainsi que des membres de EGI-IGEPP, du Laboratoire de Planétologie et Géosciences (LPG), de Végépolys Innovation, ainsi que du Plateau technique CHU-SCIAM en lien avec Mitolab (UFR Santé).

Animation découverte du nouveau système d'imagerie : « les Jeudis de novembre 2024 »

Afin d'explorer les dernières avancées en imagerie avec le nouveau microscope confocal AX, nous avons proposé des séances découvertes chaque jeudi de novembre. Ces sessions ont permis de tester le nouveau microscope confocal AX sur les modèles étudiés. Ces quatre rencontres ont suscité un vif intérêt, offrant une opportunité unique d'évaluer le potentiel du microscope confocal AX sur des échantillons réels. Les équipes suivantes ont participé : IRHS-ECO-FUN, IRHS-FUNGISEM, IRHS-SMS, IRHS-RESPOM, IRHS-STREMH0.

L'enthousiasme généré par ces sessions confirme l'importance d'un accès régulier aux innovations technologiques en imagerie pour répondre aux besoins de recherche de la communauté scientifique.



IMAC Microscopie et Imagerie Cellulaire



Perspectives 2025

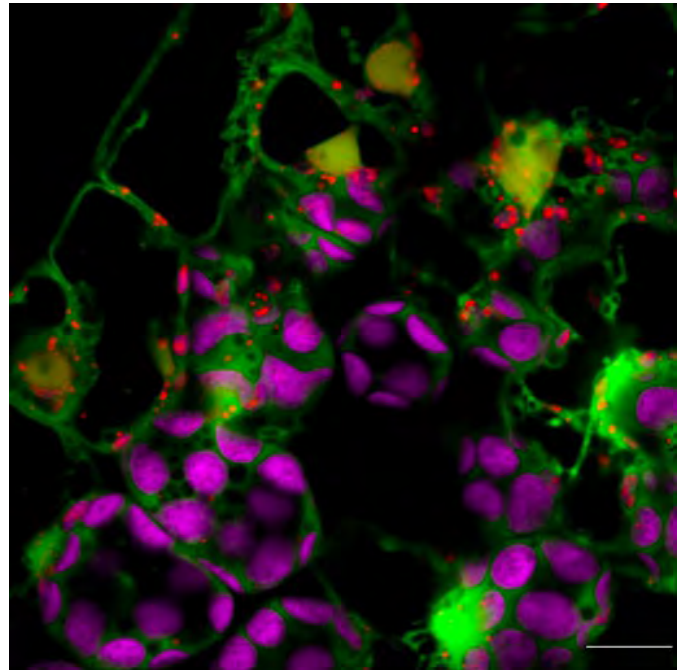
En 2025, la priorité sera accordée à la poursuite de la rédaction des dossiers d'appel d'offres et de la réalisation des marchés, dans le cadre du projet CPER 2021-2027 IMAX-Veg.

Deux autres acquisitions d'équipements sont programmées :

Acquisition d'un nouveau microscope électronique à balayage : Le microscope à balayage de table (Mini-MEB Phenom) acquis en 2012 est saturé en raison de l'analyse de grandes séries d'échantillons végétaux. Actuellement équipé 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, doté d'un grossissement $> 150\,000\,x$, sera plus performant et surtout adapté à des observations nécessaires dans le cadre des projets innovants auxquels les chercheurs du site participent. En plus de 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 augmentant la résolution et permettant l'acquisition d'images topographiques, et nous disposerons d'un système de métallisation des échantillons.

Acquisition d'un microscope scanner de lames :

Un tel système permet une acquisition automatisée rapide (env. 60 lames) avec de multiples canaux, assurant une grande reproductibilité des conditions d'acquisition (fluorescence et fond clair). Il permettra d'optimiser l'analyse d'image et d'améliorer ainsi la quantité et la qualité des résultats. Les documents sont en cours d'examen par la cellule Marché de l'université d'Angers (février 2025).



Hypocotyle d'*Arabidopsis thaliana*, observation au microscope confocal AX. Cytosol (vert), noyau (vert-orange), mitochondrie (rouge), chloroplaste(magenta). Barre = 10 μm



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

- Séverine Boisard
- Dimitri Bréard
- David Guilet
- Pascal Poupard
- Fabrice Foucher
- Valérie Raymond
- Christel Stien

Introduction

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

- 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 et/ou quantitatives de métabolites secondaires d'origine végétale.

Principaux équipements

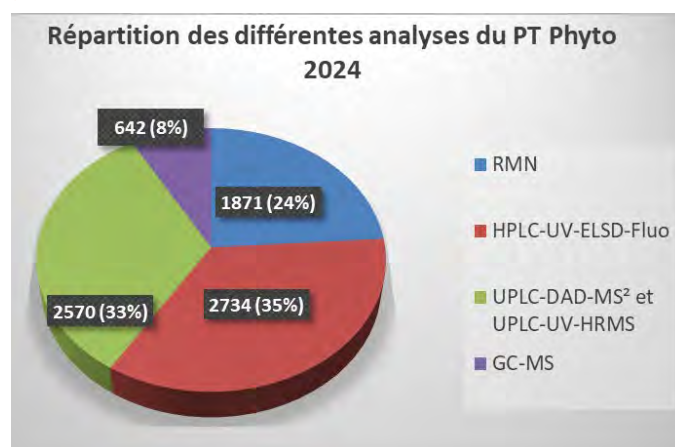
Équipements dédiés à la chromatographie

Chromatographie analytique : UPLC-UV-HRMS, UPLC-DAD-MS², GC-MS, HPLC-DAD-ELSD, HPLC-UV-Fluorescence

Équipement dédié à l'identification structurale

Spectromètre de RMN 400 MHz

Volumes d'échantillons traités sur le plateau en 2024



Rappel années antérieures

RMN : 2023 (2392), 2022 (2950)

HPLC-UV-ELSD-Fluo : 2023 (3128), 2022 (2574)

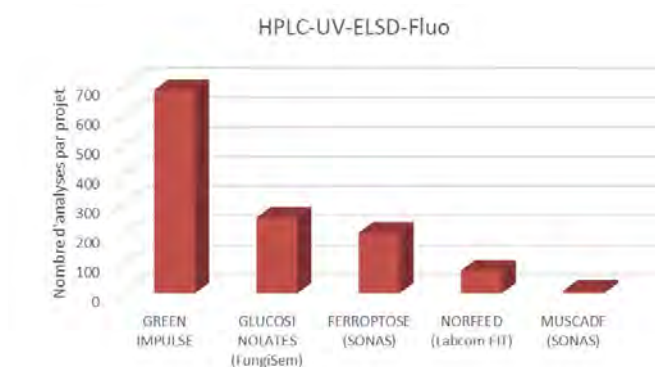
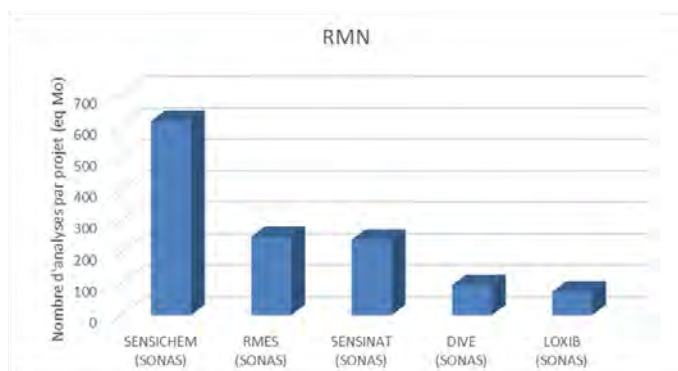
UPLC-DAD-MS² et UPLC-UV-HRMS : 2023 (4483), 2022 (1317)

GC-MS : 2023 (558), 2022 (42)

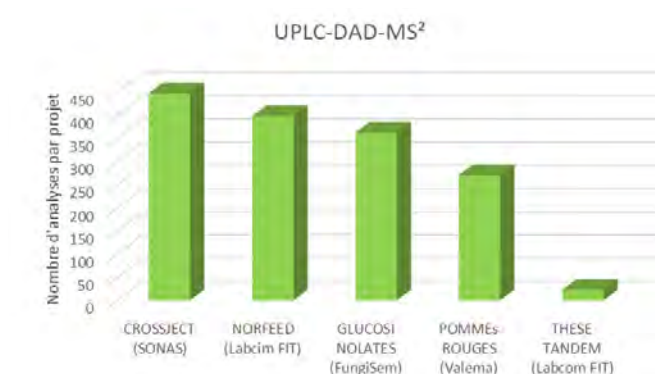
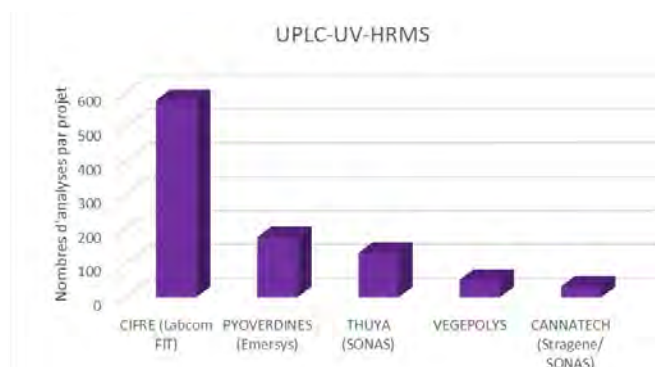


PHYTO

Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires



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



Faits marquants 2024

Principaux projets utilisateurs du PT PHYTO sur l'année 2024

Thème	Équipes	Principaux équipements utilisés
Pommes rouges	IRHS -Valema/SONAS	UPLC-DAD-M ² , UPLC-UV-HRMS
Pyoverdines	IRHS-Emersys	UPLC-UV-HRMS, HPLC-DAD-ELSD, RMN
Dibenzofuranes	IRHS-Respom	GC-MS, UPLC-DAD-M ²
Cannatech	Delled/IRHS-Stragene/SONAS	UPLC-UV-HRMS, HPLC-DAD-ELSD
Glucosinolates	IRHS-FungiSem/SONAS	UPLC-UV-Fluo, UPLC-DAD-M ²
Ferroptose	SONAS	UPLC-Qtof, RMN
RMES	RMES/SONAS	UPLC-DAD-ELSD, RMN
Labcom Feed In'Tech	NorFeed/SONAS	UPLC-DAD-M ² , UPLC-UV-HRMS, HPLC-DAD-ELSD
Crossject	Crossject/SONAS	UPLC-DAD-M ² , UPLC-UV-HRMS, HPLC-DAD-ELSD
Sensinat/Sensichem	Green Impulse/SONAS	HPLC-UV-Fluo, DAD-ELSD, RMN

Complément équipement UPLC-HRMS : détecteur UV 15 k€ (SFR)



PHYTO

Analyses Phytochimiques et Métabolites Secondaires

PLATEAU TECHNIQUE



Principales valorisations 2024

Articles issus de la collaboration PHYTO/SONAS et autres équipes

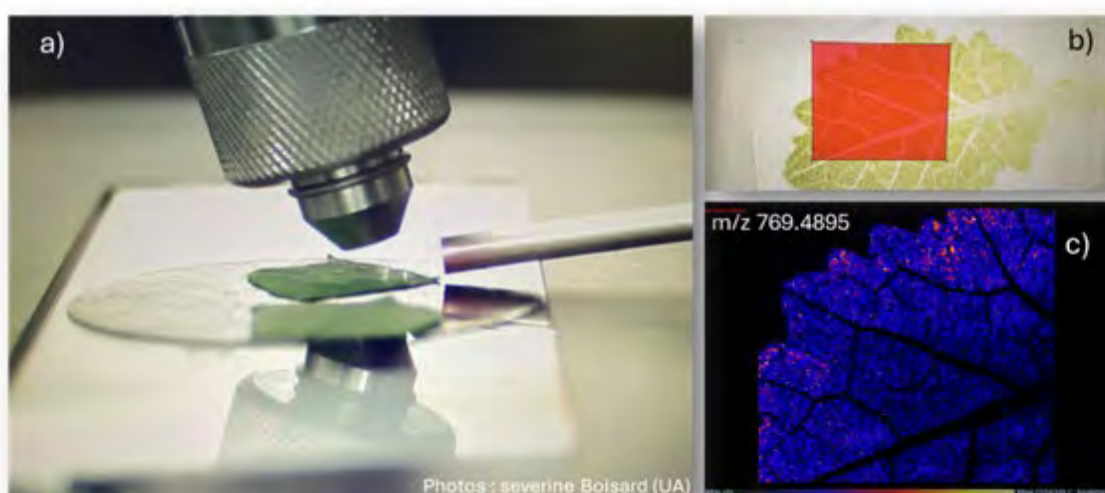
M Meunier, D Breard, S Boisard, P Blanchard, M Litaudon, K Awang, A Schinkovitz and S Derbre. Looking for Actives in the Haystack: Merging HRMS2-Based Molecular Networking, Chemometrics, and ^{13}C NMR-Based Dereplication Approaches. *Journal of Natural Products*, **2024**, 87, 2398-2407.

P Bouillon, A-L Fanciullino, E Belin, D Breard, S Boisard, B Bonnet, S Hanteville, F Bernard and J-M Celton. Image analysis and polyphenol profiling unveil red-flesh apple phenotype complexity. *Plant Methods*, **2024**, 20:71, 1-16.

Perspectives 2025

Au niveau scientifique (entre autres) :

- Identification et quantification de phytomarqueurs spécifiques (saponines, polyphénols) dans les matrices issues des différents compartiments du tractus intestinal de monogastriques par UPLC-DAD-MS² (Thèse Tandem SONAS/NorFeed 2024-2027).
- Dosage des biphénols par GC-MS et du Bion (et autres stimulateurs de défenses des plantes) dans les tissus de pommiers par UPLC-DAD-MS² ainsi que des analyses métabolomiques non-ciblées par UPLC-UV-HRMS (Suite des projets déjà en cours avec IRHS-Respom).
- Autre campagne de dosage des métabolites d'intérêt dans les pommes à chair rouge et blanche par UPLC-DAD (IRHS-VALEMA).
- Poursuite du développement de la méthode d'imagerie DESI-HRMS grâce au projet DESIMIK (Development of DESI-HRMS technology for Microbial Interaction Knowledge) – AAP Méthodologie SFR QUASAV 2024 partenaires : IRHS-FungiSem & Emersys / SONAS / Phyto.



Imagerie DESI :

- a) Désorption des analytes directement sur feuille de colza déposée sur pastille de carbone,
b) Sélection d'une zone sur feuille de colza imprégnée sur téflon poreux,
c) Image DESI-HRMS de la zone sélectionnée (pixel 50x50µm, 24h).



PHENOTIC

Phénotypage semences et plantes

PHENOTIC
ANGERS PLANT PHENOTYPING FACILITY

Responsables

Directeur

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

Directeurs adjoints

Étienne Belin Université d'Angers, IRHS

Didier Demilly GEVES

Rémi Gardet Agrocampus Ouest, IRHS

Comité de pilotage/ comité des utilisateurs

CODIR PHENOTIC : réunion le 28 janvier 2025

CSU PHENOTIC : Réunion le 18 mars 2025

PHENOTIC est dirigée par une équipe de direction (1 directeur et 2 Directeurs Adjoints) qui rend compte des choix de politique scientifique et tarifaire à un comité de Direction qui réunit des porteurs d'enjeux représentant les tutelles dont dépend la plateforme (INRAe, Université d'Angers et Institut Agro). L'activité scientifique de la plateforme, ainsi que les services rendus aux utilisateurs sont discutés dans le cadre d'un CSU, qui regroupe des porteurs d'enjeux représentant les utilisateurs du monde académique et privé, ainsi que des réseaux dans lesquels la plateforme est impliquée (SFR, BioGenOuest, PHENOME EMPHASIS). Les CR du CODIR et CSU sont diffusés par mail aux membres des comités et disponibles à la demande auprès du Gestionnaire Opérationnel de la plateforme.

Comité de Direction

Composition :

- Un représentant de chaque tutelle
- Directeur et directeurs adjoints
- Directeur de la SFR QUASAV et de l'UMR/IRHS
- Invités

Missions :

- Valide le bilan d'activité & compte financier annuel
- Valide le budget, les grilles tarifaires
- Définit et approuve la politique de la plateforme sur la base des propositions du directeur de la plateforme et des conseils en place

Réunion tous les ans janvier/février

Conseil scientifique et d'utilisation

Composition :

- Experts extérieurs
- Représentant de chaque axe de la SFR QUASAV
- Représentant du GEVES
- Représentant du GIS BIOGENOUEST
- Représentant du monde socio-économique invité
- Directeur et des directeurs adjoints de la plateforme

Missions :

- Analyse et évaluation des activités de recherche et de développement technologique de la plateforme
- Analyse des retours utilisateurs et porteurs d'enjeux
- Démarches d'assurance de la qualité et de labellisation
- Recommandations sur les nouvelles offres envisageables pour la plateforme
- Recommandations sur l'articulation scientifique avec d'autres infrastructures de recherche et synthèse des différents cercles auquel PHENOTIC participe
- Identification et priorisation des demandes matérielles

Réunion tous les ans mars/avril



PHENOTIC

Phénotypage semences et plantes



Introduction

1. Objectifs scientifiques actuels

Dans un contexte de changement global et de réduction des intrants chimiques, les stress abiotiques et biotiques peuvent sérieusement entraver la production des plantes horticoles. Ainsi, de nombreux groupes de recherche dans le monde se concentrent sur le décryptage des facteurs génétiques et environnementaux influençant le développement, la qualité et la résistance des plantes face à ces stress. **PHENOTIC** a pour objectif de fournir des infrastructures dédiées à la production et à l'expérimentation végétale, permettant aux utilisateurs d'aborder des enjeux scientifiques visant à :

- Comprendre comment les plantes perçoivent et s'adaptent aux signaux environnementaux (facteurs abiotiques et biotiques),
- Élucider les mécanismes de l'immunité végétale,
- Étudier la manière dont les plantes façonnent leur environnement biotique, notamment leur microbiote.

2. Objectifs technologiques actuels

PHENOTIC se concentre spécifiquement sur les axes suivants :

Mise en place de protocoles et outils

- Développement de **protocoles de production végétale à haut débit** en conditions contrôlées, pour un large panel d'espèces horticoles, ainsi que d'outils et de protocoles pour des actions physiologiquement actives.
- **Maîtrise de la biosécurité** (niveaux S2 et S3) pour le phénotypage de plantes exposées à des micro-organismes pathogènes en quarantaine ou à des OGM (**végétaux et microbiens**).

Phénotypage végétal

- Phénotypage des plantes **sur l'ensemble de leur cycle de développement**, incluant :
 - Le suivi de la germination,

- La caractérisation du développement et de l'architecture des parties aériennes,

- L'évaluation de l'impact des interactions plantes-microbes, combinées à des stress abiotiques.

Environnement et contrôle

- **Envirotypage** (envirotyping) des infrastructures : développement d'outils et de méthodes pour le contrôle climatique, la cartographie des métadonnées, et la construction de jumeaux numériques des installations.
- Utilisation d'une **large gamme de capteurs** dédiés à l'imagerie (RGB, NIR, hyperspectrale, fluorescence chlorophyllienne/PAM, 3D, Time of Flight) ou à la caractérisation et au contrôle de l'environnement (température, hygrométrie, lumière, tension hydrique du sol, etc.).

Expertise technique et innovation

- Maîtrise de protocoles de culture spécifiques, tels que la production de plantes en culture haute (requérant une formation du personnel et une qualification pour le travail en hauteur).
- Mise en œuvre d'actions physiologiquement actives, comme le contrôle de la nutrition végétale par fertigation, l'enrichissement en CO₂ ou l'exposition lumineuse.
- Développement de prototypes pour des traitements phytosanitaires mimant les conditions de plein champ et pour l'inoculation reproductible de pathogènes.
- Expérimentations impliquant des plantes ou des souches microbiennes génétiquement modifiées, ainsi que des souches microbiennes en quarantaine, nécessitant un contrôle strict de la biosécurité. La chambre de culture S3 de PHENOTIC est l'une des rares installations en France certifiée pour manipuler des pathogènes dangereux comme *Xylella fastidiosa*.



PHENOTIC

Phénotypage semences et plantes

PHENOTIC
ANGERS PLANT PHENOTYPING FACILITY

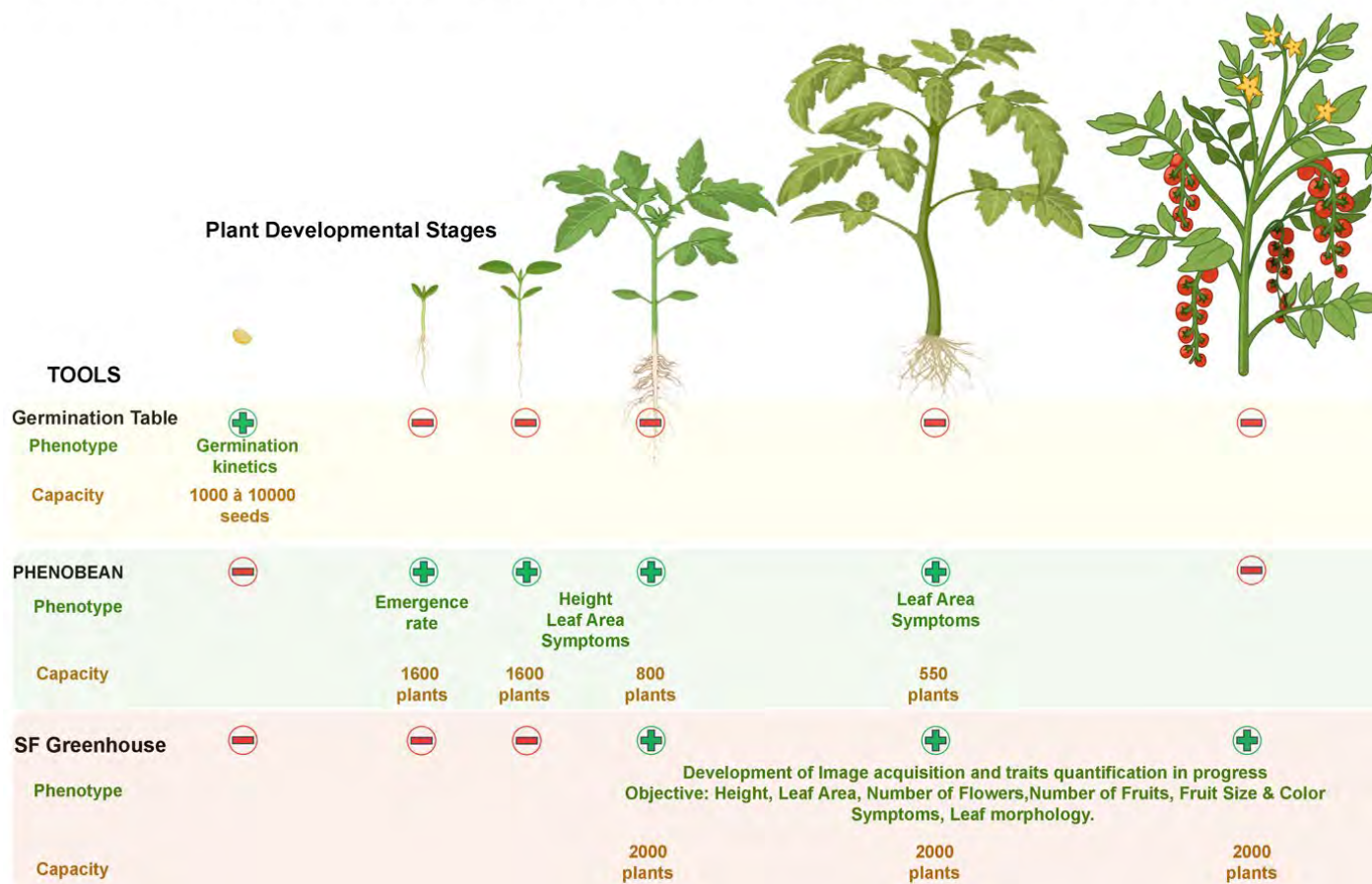
Développement d'outils de phénotypage

Des outils spécifiques ont été développés pour phénotyper les différents stades de développement des plantes. Chaque outil permet l'acquisition d'images pour des stades précis, suivies d'analyses et de quantifications des caractères d'intérêt. Des exemples d'outils majeurs développés sur PHENOTIC sont présentés dans le schéma ci-dessous.

Approches d'envirotypage

Des méthodes d'envirotypage sont en cours de développement dans les principaux outils de la plateforme (PHENOBEANS et SF Greenhouse). L'objectif est de construire des cartes climatiques 3D (température, hygrométrie, lumière) en présence de plantes, afin de caractériser le microenvironnement à proximité des végétaux.

PHENOTIC-APPF: Seed-to-Plant Phenotyping Facility Dedicated to the Specific Challenges of Horticulture Science.





PHENOTIC

Phénotypage semences et plantes



Type of Research Facility	Biosecurity Level	Total surface (m ²)	Purpose
Fields and Plots			
Soil field	N.A.	5200	Plant production and experimentation involving non-regulated biological resources.
High potential field	N.A.	1750	Plant production and experimentation involving non-regulated biological resources.
Green houses			
Plastic GreenHouse / tunnels	S0	1702	Plant production and experimentation involving non-regulated biological resources.
S0 greenhouse	S0	2403	Plant production and experimentation involving non-regulated biological resources.
S2 quarantine level greenhouse	S2	809	Experimentation involving regulated biological resources: quarantine microorganisms and GMO (plants and microorganisms).
SF greenhouse	S0	760	Semi-closed greenhouse, soilless production type. Phenotyping in real horticultural production conditions. Experimentation involving large plants at production stages, non-regulated biological resources.
Growth chambers and cabinets			
S0 growth chambers	S0	80	8 chambers of 10 m ² for experimentation in fully controlled climate conditions (Temperature, Hygrometry, Light), involving non-regulated biological resources.
S2 quarantine level growing chamber	S2	60	6 chambers of 10 m ² for experimentation in fully controlled climate conditions (Temperature, Hygrometry, Light), involving regulated biological resources: quarantine microorganisms and GMO (plants and microorganisms).
S3 quarantine level growing chamber	S3	70	5 chambers ranging from 10 to 30 m ² for experimentation in fully controlled climate conditions (Temperature, Hygrometry, Light), involving highly-regulated biological resources: quarantine microorganisms and GMO (plants and microorganisms).
S0 Conviron	S0	3	3 growth cabinets for experimentation in fully controlled climate conditions (Temperature, Hygrometry, Light, elevated CO ₂ concentrations) involving non-regulated biological resources.
S2 level quarantine Conviron(3)	S2	3	3 growth cabinets for experimentation in fully controlled climate conditions (Temperature, Hygrometry, Light, elevated CO ₂ concentrations) involving regulated biological resources: quarantine microorganisms and GMO (plants and microorganisms).
Refrigerated chamber	S0	91	Storage and plant experimentation involving non-regulated biological resources.
Refrigerated chamber	S2	10	Storage and plant experimentation involving regulated biological resources (GMO plants).
Equipments			
Multicam Germination table	S2	5	Monitoring and phenotyping seed germination and seedling heterotrophic growth using automated RGB camera imaging.
Phenobean	S2	60	2 robotized installations for monitoring and phenotyping seedling emergence, autotrophic growth and seedlings and plants (max size 40cm height), using RGB, Chlorophyll fluorescence and depth imaging. Robotized arms convey watering device and cameras towards plants for fully automatized monitoring of plant growth and phenotyping.
Hyperspectral camera	S0	10	Plant phenotyping. 1 imager with a range of 300 to 1100nm. Accessible in a 10 m ² laboratory that also gathers chlorophyll fluorescence imagers.
Chlorophyll fluorescence imaging equipments	S0 and S2		3 imagers PSI OpenFluorCams. 2 imagers are accessible in S0 in the same lab as the Hyperspectral imager. 1 is accessible in S2 in the same lab as the Multicam Germination table.
Phenogrids	S0 and S2		Over 300 low cost imagers (RGB, NIR and ToF) are deployed in greenhouse modules, growth chambers to constitute networks of zenithal imagers to monitor growth and health of plants.
ERICA robot	S0		Autonomous robot conveying phenotyping sensors across the SF greenhouse.
Laboratories			
RGB Imaging and Image analysis lab	S0	10	Laboratory equipped with standardised RGB imager (classical Photo lab), and computers dedicated to image analysis.
Shape Imaging laboratory	S0	10	Laboratory equipped with turning table, light curtains, RGB cameras and 6 axis robotized arm.



PHENOTIC
Phénotypage semences et plantes



Volumes d'échantillons et nombre total de projets en 2024

Fonction	Nature de l'indicateur 1 ETP	% ind 1 % ETP	Nature de l'indicateur 2 Nombre de projet / accès sur le dispositif depuis 2022	% Ind 2 % Nombre de projet / accès sur le dispositif depuis 2022	Nature de l'indicateur 3 Nombre de plantes produites ou analysées	% Ind 3 Nombre de plantes produites ou analysées
Expérimentation : Production de plantes. Mise à disposition d'espaces de cultures et d'équipements de phénotypage.	10.1	84.5%	88	80%	130222	82%
Observation						
Production de matériel biologique						
Conservation de ressources biologiques (CRB)	0.2	1.5	5	5%	2579	2%
Recherche technologique, démonstration : Développement de méthodes, et prise en main de nouveaux équipements et approches pour le phénotypage des plantes	0.85	7%	9	9%	11602	8%
Analyses : Mise en œuvre des approches de phénotypage développées, Imagerie et Analyse d'images.	0.80	7%	7	6%	13256	8%
E-infra/SI						



PHENOTIC

Phénotypage semences et plantes



Faits marquants 2024

Principales valorisations 2024

1 P. Bouillon, A. L. Fanciullino, E. Belin, D. Bréard, S. Boisard, B. Bonnet, J. M. Celton, 2024. Image analysis and polyphenol profiling unveil red-flesh apple phenotype complexity. *Plant Methods*, 20(1), 71.

2 P. Bouillon, A. L. Fanciullino, E. Belin, S. Hanteville, H. Muranty, F. Bernard & J. M. Celton, 2024. Tracing the color: quantitative trait loci analysis reveals new insights into red-flesh pigmentation in apple (*Malus domestica*). *Horticulture research*, 11(8), uhae171.

3 C. Gihaut, C. Brin, M. Briand, J. Verdier, M. Barret, T. Roitsch, T. Boureau. 2024. Transcriptomic dataset of *Phaseolus vulgaris* leaves in response to the inoculation of pathogenic *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* and its type III secretion system-defective mutant *hrcV*. Data in Brief DOI: [10.1016/j.dib.2024.110938](https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110938). ✨

4 C. Cattaneo, 2022. Ensuring the multiplication and culture of grafted apple and pear trees in pots in the greenhouse. *NOV'AE*. DOI : <https://doi.org/10.17180/novae-2022-NO-art02> ✨

Liste des stagiaires

Licence 1

J.B. BARBEY - Plant Production and experimentation.

J. ROUSSINET - Plant Production and experimentation.

Licence 3

M.C. PLANCHER - Development of a phenotyping robot for greenhouse.

Master 1

A. COUNDOUL - Development of a high-throughput phenotyping method to assess the impact of water deficit on wheat and tomato growth.

G. RICHARD MORIN - Development of a high-throughput phenotyping method to assess the impact of water deficit on wheat and tomato growth.

L. VERDEAUX - Characterization of the climate of semi-closed greenhouse.

Master 2

K. BENKADDOUR - Shape imaging and 3D imaging for plant architecture characterization.



PHENOTIC

Phénotypage semences et plantes

PHENOTIC
ANGERS PLANT PHENOTYPING FACILITY

Perspectives 2025

Dans les années à venir, PHENOTIC vise à renforcer ses activités de recherche technologique et d'analyse. En effet, de nouveaux collaborateurs qualifiés ont récemment été recrutés, et notre efficacité en production végétale s'en trouve améliorée. Nous souhaitons donc former des membres volontaires de l'équipe à des actions de recherche technologique ou d'analyse, afin qu'ils évoluent progressivement vers des postes de techniciens en phénotypage végétal.

Renforcement en analyse d'images

Pour accompagner cette transition, PHENOTIC devra également renforcer ses compétences en analyse d'images basée sur l'intelligence artificielle. À cette fin, nous avons demandé la transformation du poste d'un technicien de production végétale partant à la retraite (2026) en un poste d'ingénieur en instrumentation, chargé de mettre en œuvre des procédures d'analyse d'images et de métrologie pour le phénotypage. Cet ingénieur pourrait être formé par E. Belin, C. Lothodé et D. Rousseau aux approches d'analyse d'images par IA développées dans le cadre de PHE-NOME-EMPHASIS. Il collaborera étroitement avec R. Eid pour connecter les pipelines d'analyse d'images aux systèmes d'information (OUPPHE et PHIS).

Développement technologique

Deux axes majeurs de développement technologique sont prévus :

1 Projet SUPRASEED (2026-2030) Nous nous concentrerons sur le développement de méthodes de phénotypage pour évaluer l'impact de biosolutions alternatives aux produits phytosanitaires sur la capacité des plantes à résister aux stress abiotiques et biotiques. Nous capitaliserons sur l'expérience acquise lors du projet PHENOSTIM, qui a permis le criblage haut débit de biostimulants, ainsi que sur notre implication dans les projets SUCSEED et InHerSeed, où l'ingénierie du microbiote et l'enrobage des semences représentent des leviers prometteurs pour les biosolutions. Le développement de ces méthodes devrait ouvrir la voie à des projets collaboratifs avec les membres de l'ABBA (Association Biocontrôle, Biostimulation, Agroécologie) :

- Avec des partenaires académiques pour comprendre les mécanismes sous-jacents à l'impact de ces biosolutions,
- Avec des instituts techniques ou des acteurs privés (fabricants de biosolutions, sélectionneurs).

2 Phénotypage pour la compréhension des mécanismes d'immunité végétale et des interactions plante-microbe Le phénotypage haut débit de pommiers greffés reste un verrou majeur que nous cherchons à lever pour faciliter la cartographie de QTLs de résistance aux pathogènes (*Erwinia amylovora* et *Venturia inaequalis*). Les récentes mises à niveau des installations robotisées (2025) visent à :

- Développer des approches pour suivre la localisation des souches pathogènes,
- Réaliser des reconstructions 3D des plantes imagées. Le suivi simultané de la croissance des plantes (3D), du développement des symptômes et du traçage in planta des souches pathogènes devrait permettre d'étudier le compromis entre croissance et défense des jeunes pommiers face à *E. amylovora*. Des projets collaboratifs sont en discussion pour un phénotypage systématique des ressources microbiennes du CIRM-CFBP sur plantes, afin de mieux comprendre les déterminants génétiques de l'adaptation microbienne aux plantes et de contribuer à l'ingénierie microbienne pour une meilleure santé végétale.

Accès aux données et collaboration

L'augmentation de l'activité d'analyse implique que PHENOTIC développe davantage d'outils pour permettre aux utilisateurs d'accéder de manière autonome aux données expérimentales et métadonnées via notre système d'information. La collaboration avec le groupe OpenSilex contribuera à développer des APIs pour transférer automatiquement les données vers PHIS, afin que les utilisateurs de la communauté du phénotypage végétal puissent les trouver, y accéder et éventuellement les réutiliser dans leurs propres analyses.



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

Principaux équipements

Les équipements de la plateforme sont :

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

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

- Salle de dégustation à 20 box normalisée (NF ISO 8589) pour la réalisation des dégustations.
- Salle de Focus Group réaménagée pour une montée en gamme avec un équipement 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 spécialisés 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.

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





Senso'Veg Analyse sensorielle



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 toujours l'objet de travaux complémentaires pour améliorer l'acquisition et le traitement des données. L'année 2024 a été l'occasion de mettre en place une collaboration avec une équipe de recherche au Texas (USA). Plusieurs projets sont en cours de montage par ailleurs pour poursuivre les développements méthodologiques autour de cette méthode.

Les travaux sur l'exploitation des commentaires de dégustations se poursuivent avec une étude comparant une méthode manuelle de recodage à un recodage réalisé par un système expert et un autre par un LLM. Ce travail a été publié dans FQAP.

La création d'un nouveau panel vin

Dans le cadre du projet UMAMIWINE, la plateforme SENSOVEG a recruté puis mis en place un nouveau panel entraîné sur le vin. Ce panel se réunira deux fois par semaine (hors congés) pour s'entraîner puis pour caractériser les vins du projet.

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 notamment 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 et trois dispositifs d'études auprès de consommateurs de vin au niveau national.
- **JACK** : Impact de l'expérience gastronomique et de l'accompagnement culinaire sur l'adoption des légumes secs dans les pratiques alimentaires
- **UMAMIWINE** : Impact d'un élevage long en barrique sur la composition et l'expression umami de vins blancs tranquilles de Chenin
- **Chaire AAPRO** : Avantages et acceptabilité des PRO-téines alternatives.

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.

Avec la fin des projets DEXINNOV, PRODECO, ROSEHRATA, la plateforme s'implique pour intégrer de nouveaux projets. Des initiatives sont prises sur les fleurs comestibles et sur les rosiers mais cela est prématuré d'en dire plus.



Senso'Veg Analyse sensorielle



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 réalise 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, les oignons, les 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 sollicités sur l'univers de la jardinerie et des substrats. En 2024, on peut notamment mentionner une collaboration avec une société de commercialisation de pommes qui a commandé une grosse étude avec panel entraîné et test consommateurs. Notre expertise méthodologique a également été sollicitée pour des consultances et formations au sein d'entreprises de la filière Fruits et Légumes et Calvados.

Articles

Plusieurs publications ont été acceptées en 2024 mais ne seront comptabilisées qu'en 2025.

Posters et communications orales

➤ Symoneaux, R., Caissard, J.C., Baudino, S., Hibrand-Saint Oyant, L. (2024) Introduction to the HCATA and HRATA methodologies through the use of the first rose flower odor wheel. **EUROSENSE 2024: A Sense of Global Culture. 11th Conference on Sensory and Consumer Research.** 8-11 september 2024, Dublin, Ireland.

➤ Ronan Symoneaux, Charlène Pimprenelle, Matisse Costabie, Camille Chalumeau, Gabrielle Chalvidal, Antoine Malaquin, Nathalie Pouzalgues, Carole Honoré-Chedozeau (2024) Message in a bottle: Unveiling French Consumer Motivations for non-added Sulphite

Wines. **EUROSENSE 2024: A Sense of Global Culture. 11th Conference on Sensory and Consumer Research.** 8-11 september 2024, Dublin, Ireland.

Perspectives 2025

Nous poursuivrons des travaux sur l'analyse automatique des commentaires de consommateurs avec le projet ConsoTextPlorer. Nous espérons poursuivre les travaux sur le HRATA avec une collaboration sur de la bière.



Projets Scientifiques
financés par la SFR



Projet méthodologique SFR QuaSav

Projet DéFI

Détection et identification de *Fusarium* sur blé par technologie de séquençage en iSeq100.

Partenaires

GEVES : apporte son expertise sur l'identification des pathogènes de semences.

IRHS (Emersys) : apporte son expertise sur le barcoding et l'analyse des données.

Plateau ANAN : apporte son expertise sur le séquençage.

La fusariose est une maladie touchant de nombreuses cultures, associée à une perte de rendement et de qualité, entraînant un risque sanitaire pour l'Homme et l'animal. La fusariose est causée par un champignon pathogène du genre *Fusarium* contenant plus de 100 espèces, dont 17 sont associées à la maladie sur céréales et sont difficilement identifiables par les techniques actuelles (identification morphologique et PCR). L'identification par métabarcoding avec un marqueur spécifique des champignons (ITS) n'est pas assez résolutive.

Le but du projet est de développer un marqueur spécifique de *Fusarium* pour permettre une identification plus précise et plus facile de l'espèce par séquençage. Pour pouvoir utiliser toutes les plateformes de séquençage Illumina disponibles sur le plateau ANAN et permettre ainsi d'adapter le format du séquençage au nombre d'échantillons à analyser, il est nécessaire de designer un marqueur court (<300pb).

Dans un premier temps, une comparaison des données d'identification générées sur les mêmes échantillons fongiques avec le marqueur générique utilisé en métabarcoding a été faite en MiSeq avec une lecture longue (2*250pb) et en iSeq100 avec une lecture courte (2*150pb). Il a été observé que la lecture courte sur iSeq100 ne générait pas de perte d'information au niveau de l'identification du genre et ne permettait pas d'avoir une identification précise au niveau de l'espèce.

Une comparaison de différentes techniques de broyage des graines et de séchage a été réalisée afin de savoir s'ils avaient une influence dans les résultats d'identification finaux. Les résultats ont montré que quelle que soit la technique employée, les résultats d'identification des souches fongiques sont identiques.

Un marqueur spécifique ciblant une zone variable du gène EF1 α a été identifié comme marqueur potentiel des *Fusarium*. Cette zone permet de différencier 48 espèces de *Fusarium* et 2 espèces de *Microdochium*. Ce marqueur a été dessiné pour être séquençé sur iSeq100 en lecture single-read (SR) de 300pb. Il n'a pas été possible d'identifier une zone variable plus courte permettant de séquençer en paired-end (PE) 2*150bp sur l'iSeq100.

Le séquençage iSeq100 de ce marqueur a montré qu'il y avait une perte de qualité en fin de séquence en SR par rapport à la qualité habituellement obtenue en PE. Malgré cela, la profondeur de séquençage obtenue avec 12 échantillons multiplexés sur le même run est suffisante (4,8M reads PF) pour obtenir des informations exploitables pour l'analyse.

L'utilisation de ce marqueur court spécifique pour le séquençage SR 300bp sur iSeq100 a permis l'identification jusqu'à l'espèce avec un pourcentage d'identité à 85% qui pourrait être amélioré.

Un travail sur la base de données est sûrement nécessaire pour améliorer l'identification avec plus de certitude.



Projet méthodologique SFR QuaSav

Projet Finance par la SFR QUASAV en 2022 Projet PlantIMet

Nom des porteurs

Séverine BOISARD
Claire CAMPION

PlantIMet

Localisation des métabolites secondaires dans différents organes végétaux par imagerie DESI-HRMS

Contexte

Alternaria brassicicola est un champignon qui provoque des nécroses sur les feuilles et les siliques des Brassicacées. Plusieurs toxines potentielles produites par le champignon et de nombreux composés de défense des Brassicacées ont été décrits, mais leur rôle, et donc le dialogue moléculaire, *in planta* sont mal connus, notamment en raison de l'absence d'une méthode permettant de les détecter et de les localiser dans les tissus de la plante.

Objectif

L'objectif de ce projet était de développer une méthode d'imagerie HRMS appliquée au pathosystème *A. brassicicola*/colza.

Résultats

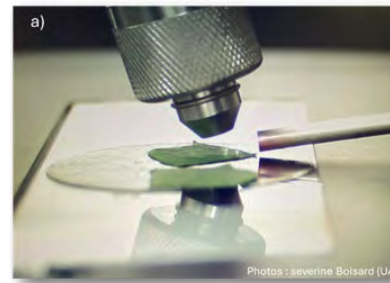
Afin de pouvoir détecter et localiser les métabolites de défenses *in planta* par la technique d'imagerie DESI, différents essais de préparations de surfaces ont été réalisés sur siliques et feuilles de colza, inoculées ou non avec *A. brassicicola*. Des coupes au cryostat de siliques déposées sur lames, des analyses directes de feuilles déposées sur des pastilles de carbone, de feuilles après traitement par le chloroforme, ou par analyse indirecte après impression sur papier ou CCM ont été effectuées. Malheureusement, à ce stade, un défaut de qualité d'image et de résolution par la technique DESI dû à des problèmes techniques ne nous ont pas permis d'obtenir les résultats escomptés. Une mise à jour de l'équipement DESI-HRMS a donc été entreprise (nouveau sprayeur et micropompe) afin d'avoir de meilleures images et résolutions.

Perspectives / Initiation de nouveaux projets

Une technique d'analyse indirecte par imprégnation sur support téflon poreux en plus de la mise à jour de l'équipement donne de belles perspectives en termes de résultats. Un nouveau projet, DESIMIK (Development of DESI-HRMS technology for Microbial Interaction Knowledge) a débuté en 2025 afin de poursuivre le développement de cette technique pour la localisation des métabolites d'intérêt dans les confrontations champignon-bactérie (AAP Méthodologie SFR QUASAV 2024).

Partenaires scientifiques et techniques

- Plateau Phyto/SONAS : **Séverine Boisard**, David Guilet, Dimitri Bréard, Andreas Schinkovitz
- Plateau IMAC : **Aurélia Rolland**, Fabienne Simonneau
- IRHS-FungiSem : **Claire Campion**, Josiane Le Corff, Agathe Cailleau, Sophie Aligon
- Stagiaire M2 : **Christelle N'Soukpoe**

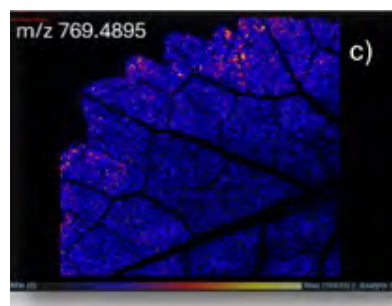


Imagerie DESI :

a) Désorption des analytes directement sur feuille de colza déposée sur pastille de carbone,



b) Sélection d'une zone sur feuille de colza imprégnée sur téflon poreux,



c) Image DESI-HRMS de la zone sélectionnée (pixel 50x50µm, 24h).

CONTACT

severine.boisard@univ-angers.fr





Projet inter SFR

Projet Financé par la SFR QuaSaV et la SFR ICAT : PEST-IRM

Suivi de la distribution de nanoparticules polymère par Imagerie par Résonance Magnétique chez la blatte *Periplaneta americana* pour optimiser les stratégies des traitements insecticides.

Nom des porteurs

Véronique APAIRE-MARCHAIS - SiFCIR – UPRES EA 2647 USC INRAE 1330

Guillaume BASTIAT - MINT – INSERM U1066 / CNRS 6021

Laurent LEMAIRE - PRISM – BioGenOuest / IBISA / France Life Imaging

Utilisation de l'IRM dans la lutte contre les ravageurs de culture

Contexte

Face aux problèmes de toxicité et résistance aux insecticides, largement utilisés en agriculture pour lutter contre les insectes nuisibles et garantir les rendements, il est devenu urgent de proposer de nouvelles stratégies. L'une d'elles repose sur la potentialisation d'insecticides par nanoencapsulation. Il est néanmoins important de comprendre la distribution de ces insecticides nanoencapsulés chez l'insecte afin de garantir leur efficacité.

Objectif

L'objectif du projet PEST-IRM est de réaliser le suivi de la biodistribution de nanoparticules (NP) chez un insecte (modèle de blatte *Periplaneta americana*) par Imagerie par Résonance Magnétique (IRM).

Résultats

Des agents de contraste oxyde de fer ont été encapsulés dans des NP polymères utilisées comme NP modèle. Un protocole technique a été mis en place aussi bien pour la contention de la blatte (fabrication d'un berceau) que l'acquisition des images. Après ingestion, le suivi IRM a permis de détecter la localisation et le déplacement dans le temps des NP dans

le système digestif de la blatte. Néanmoins, la diffusion des NP dans l'organisme est difficile à détecter, dû à un contraste insuffisant et/ou un masquage du signal. De plus, mis à part le système digestif, le reste de l'anatomie de l'insecte est difficile à visualiser et identifier par IRM sans l'utilisation d'un autre agent de contraste. Ainsi, en parallèle de la biodistribution des NP, un agent de contraste à base de gadolinium a été administré et a permis de clairement identifier les systèmes digestif, nerveux et vasculaire. Une reconstruction 3D de l'ensemble des images montre bien la compartimentation de ces 3 systèmes chez la blatte.

Perspectives / Initiation de nouveaux projets

Concernant ces résultats, un poster a été accepté au 7^{ème} congrès de la Société Française de Résonance Magnétique en Biologie et Médecine (Saint Malo, France, 24-26 mars 2025) et un article est en cours d'écriture. L'association de plusieurs agents de contraste et/ou l'optimisation des doses lors de l'acquisition des images pourraient être à l'initiative d'un nouveau projet afin de clarifier la biodistribution des NP.

Partenaires scientifiques

Nina DUPONT^{A,B} (stagiaire Master 2 financée par le projet)

Marine GALLOUX^{A,B}

Gwendal DURAND-CHATTON^C

Léo LEMAIRE^D

Laurent LEMAIRE^{B,C}

Véronique APAIRE-MARCHAIS^A

Guillaume BASTIAT^B

Florence FRANCONI^{B,C}

(A - SiFCIR, B - MINT, C - PRISM, D - Polytech Nantes)

CONTACT

florence.franconi@univ-angers.fr





Projet inter SFR

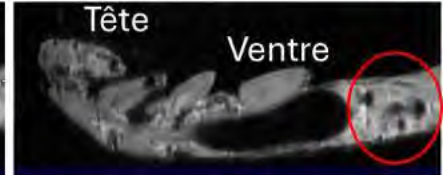
Pré-ingestion



Post-ingestion Temps court ($\approx 0h$)



Post-ingestion Temps long ($\approx 14h$)



Images IRM montrant un hyposignal post-ingestion (entouré en rouge), dû aux NP d'oxyde de fer se déplaçant au cours du temps dans le système digestif de la blatte - G. Durand-Chatton et F. Franconi (PRISM).



Projet inter SFR

Projet Financé par la SFR QuaSaV et ICAT: Révolution Thermique Mitochondriale (REThERMI)

Nom des porteurs

César MATTEI (MITOLAB SFR ICAT)

David MACHEREL (IMAC, SFR QUASAV)

Météo incertaine pour la canicule mitochondriale !

Contexte

Depuis quelques années le postulat d'une température mitochondriale de l'ordre de 50°C chez les cellules de mammifères fait débat. L'équipe MITOLAB ayant identifié un canal calcique mitochondrial (TRPV1) pouvant agir comme un régulateur de la température de l'organite, nous avons exploité l'approche de mesure de la température mitochondriale (quantification du déplacement thermo-dépendant du pic d'émission de fluorescence de l'EGFP) développée pour les cellules végétales.

Objectif

Notre objectif était de mettre au point la mesure de la température mitochondriale de cellules humaines (HEK) afin d'étudier l'impact de modulateurs de la respiration et de TRPV1 sur la température des mitochondries.

Résultats

L'expression transitoire d'EGFP mitochondriale chez les cellules HEK, et la levée de verrous techniques importants liés à l'environnement nécessaire aux cellules, ont permis de montrer que la température mitochondriale était hétérogène, et en général plus élevée que celle de billes d'agarose servant de « microthermomètre » à l'extérieur des cellules. Nous n'avons cependant pas encore mis en évidence un effet significatif sur la température mitochondriale de perturbateurs de la respiration mitochondriale (inhibiteurs, découplants) ou de l'activation de TRPV1.

Perspectives / Initiation de nouveaux projets :

Les manipulations étant très délicates et l'analyse mathématique des images sophistiquée, nous devons encore affiner les expérimentations pour pouvoir valider ou infirmer ces résultats. Nous continuons donc à collaborer en vue d'une publication.

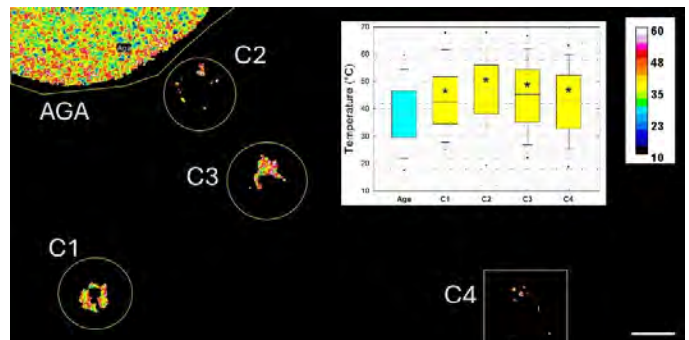
Principaux partenaires scientifiques et/ou techniques

Équipe Mitolab-MITOVASC (Florent BEIGNON, César MATTEI, Guy LENAERS...),
Plateau IMAC-QUASAV (Aurélia ROLLAND).

CONTACTS

cesar.mattei@univ-angers.fr

david.macherel@univ-angers.fr



Traitement mathématique d'une image de microscopie confocale (EGFP mitochondriale) permettant d'analyser la distribution de la température au niveau de chaque pixel. AGA = bille d'agarose ; C1-C4 = cellules HEK.
D. Macherel, IRHS-SMS/IMAC-QUASAV



Rubriques

Libres



Démêler l'impact de l'assemblage des génomes sur le typage bactérien : une perspective dans un contexte « One health ».

Cette étude s'inscrit dans le contexte de la surveillance des agents pathogènes où il est essentiel de garantir l'harmonisation des données. Afin d'évaluer la répétabilité et la reproductibilité du typage par séquence multilocus du génome cœur (cgMLST), des simulations de séquençage « short reads » ont été réalisées pour 5 génomes de 27 pathogènes d'intérêt pour la santé animale, végétale et humaine, et le séquençage *in vitro* a également été utilisé pour six espèces bactériennes dont *Xylella fastidiosa*. Les cgMLST ont été générés en utilisant une approche basée sur l'assemblage (outil chewBBACA développé par l'EFSA). Divers paramètres de qualité de séquençage ont été appliqués, et plusieurs jeux de données de simulation de séquençage ont été réalisés et chaque assemblage de génomes ont été répétés à l'aide de trois outils : SPAdes, Unicycler et Shovill. Les résultats ont mis en évidence que la composition intrinsèque du génome affecte l'assemblage et les profils cgMLST qui en résultent, et que la variabilité des outils bioinformatiques peut induire un biais dans les profils cgMLST. Cette variabilité observée lors du séquençage simulé a été validée par des données réelles notamment pour *Xylella fastidiosa*. Ce travail a fait l'objet d'une publication dans BMC genomics : <https://bmcbgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12864-024-10982-z>

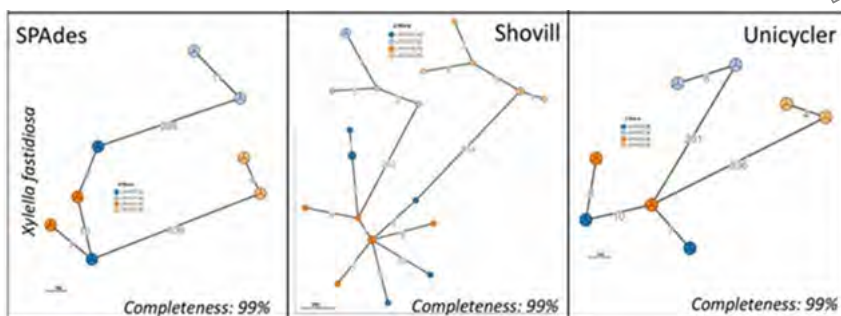
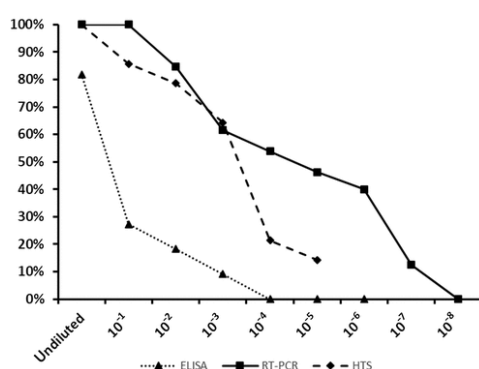


Fig. Minimum spanning tree (MST) obtained from cgMLST profiles using real data. From left to right: results from SPAdes, Shovill and Unicycler. Each color represents one strain, for which two biological replicates were performed; the circle size indicates the number of assemblies sharing the same cgMLST profile, and allelic differences are indicated of the branches. The completeness value corresponds to the percentage of the gene scheme used to perform analyses.

Évaluation comparative des performances du séquençage à haut débit de l'ARN double brin pour la détection des infections virales dans les cultures fruitières tempérées.

Un travail collaboratif entre plusieurs unités du laboratoire de la santé des végétaux dont l'unité ANSES-BVO à Angers, l'unité de quarantaine ANSES à Clermont-Ferrand, l'INRAE de Bordeaux et le Ctifl avait pour objectif de comparer plusieurs critères de performance sur différents tests utilisés habituellement en certification fruitière et dans le service de quarantaine. Les tests qui ont été comparés sont l'indexage biologique, l'ELISA, l'hybridation moléculaire, la PCR, et le séquençage haut débit (HTS) pour la détection d'un total de 14 virus (10 genres) et de quatre viroïdes (trois genres). Les résultats confirment la supériorité de la méthode HTS sur l'indexation biologique en termes de rapidité et d'inclusivité et montrent que si la sensibilité analytique absolue de la RT-PCR tend



à être plus élevée que celle de la HTS, l'inclusivité de la PCR est affectée par la diversité génétique des virus. L'ensemble de ces résultats plaide en faveur de la mise en œuvre d'approches basées sur la HTS dans les protocoles d'analyse virale des arbres fruitiers à l'appui des programmes de quarantaine et de certification. Ce travail a fait l'objet d'une publication dans Plant disease : <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-23-0480-R>

Comparaison des performances de 3 méthodes de détection d'agents viraux sur arbres fruitiers en fonction de leur taux de dilution.



LSV - BVO
Bactériologie, Virologie et OGM



Une délégation du service de la protection des végétaux de Madagascar en visite au laboratoire de la santé des végétaux à Angers.

Dans le cadre du jumelage UE « Appui au renforcement du dispositif de surveillance et de contrôle de la qualité et conformité sanitaire et phytosanitaire (SPS) des produits agricoles et agroalimentaires à Madagascar », l'unité du laboratoire de la santé des végétaux d'Angers a accueilli dans le cadre de leur voyage d'étude, une délégation de la direction de la protection des végétaux (DPV). La délégation, composée de dix personnes, était accompagnée par M. Jocelyn Mérot, Conseiller résident de jumelage (CRJ). Ce jumelage piloté par la France (coordination FVI*), avec l'Italie en partenaire junior vise à permettre à Madagascar d'harmoniser ces normes de qualité sanitaire et phytosanitaire avec celles des pays de l'océan Indien (dont l'UE à travers des départements d'outremer).

Outre la directrice générale Mme RAMILIARIJAONA, cette délégation incluait le chef de service de la Phytopharmacie, la cheffe de service de l'Inspection et de la Quarantaine Végétale, le chef de la division de l'Entomologie au Service de la Surveillance et Lutte contre les Ravageurs et la cheffe de la division Phytopathologie au Service de la Surveillance et Lutte contre les Ravageurs ainsi que plusieurs inspecteurs des différents services.

Les échanges ont porté sur l'activité de l'unité en évaluation du risque biologique et sur les missions des LNR et en particulier les activités d'analyse et de surveillance et la gestion du réseau des laboratoires agréés. Après un échange en salle, nous avons visité nos installations et montré de façon pratique la conduite de nos missions. La matinée s'est terminée par un repas convivial.





IRHS Institut de Recherche en Horticulture et Semences



L'année 2024 a démarré avec l'organisation de la 2^{ème} édition consécutive des Journées Jean Chevaugnon coordonnées par Bruno LE CAM avec l'aide de nombreux collègues de l'IRHS réunis dans le comité local d'organisation. Ces journées ont rassemblé à Aussois du 15 au 19 janvier la communauté scientifique s'intéressant aux interactions parasites et symbiotiques entre plantes et champignons en incluant les oomycètes dont 3 équipes de l'IRHS font partie. Deux autres événements ont été organisés en octobre. Le colloque intitulé « Les fous de tomate » était coordonné par Jérôme Verdier avec l'aide d'autres membres de son équipe (SEED) et rassemblait la communauté nationale des physiologistes et pathologistes dont l'objet d'étude est ce fruit autour de ses réponses aux contraintes biotiques et abiotiques et de son développement. Ce colloque était organisé à Angers du 2 au 3 octobre et les participants ont discuté autour de 20 communications orales. La conférence « Dynamics of plant Genomes » était organisée à Angers du 3 au 4 octobre par Fabrice FOUCHER et son équipe. Cette animation annuelle du réseau DynaGeV est ouverte à un large éventail de disciplines permettant de documenter la dynamique des génomes végétaux et leur expression et a été le support à 16 communications orales et 5 affiches.

La direction de l'IRHS a organisé fin 2024, un brainstorming scientifique ouvert à l'ensemble des membres de l'unité et intitulé « La Science à l'IRHS : la décrire, la faire vivre et la faire grandir... ». Avec l'aide du cabinet Kadam conseil pour son organisation, animation et synthèse, Thierry HEULIN (Chercheur émérite, CEA) est intervenu en tant que grand témoin pour nous accompagner dans cette réflexion. Dans une ambiance conviviale, dynamique et favorable aux interactions, nous avons largement échangé autour de nos axes scientifiques, leurs rôles, leurs contours, leurs intitulés et leurs nécessaire évolutions. Nous avons beaucoup discuté autour de nos différentes formes d'information et d'animation scientifique. L'animation proposée en forum ouvert a été l'occasion de mettre en avant des sujets d'importance ainsi que des objectifs à mettre en œuvre dès 2025.

L'ensemble de ces événements a été possible grâce à l'appui de l'équipe administrative (PAIGE) de l'IRHS.

En termes de recrutement, 8 collègues ont rejoint l'unité sur un poste permanent. Amélie LAMOTHE-HENRI (TR-INRAE) et François-Xavier Lantoine (TR-INRAE) ont rejoint l'équipe Vadipom, Nicolas Descharles (TR-l'Institut Agro) a rejoint l'équipe SMS, Guillaume Gaudier (TR-l'Institut Agro) a rejoint la plateforme PHENOTIC, Patricia Mallegol (IE-INRAE) a rejoint l'équipe SEED, Florent Pantin (MCF l'Institut Agro) a rejoint l'équipe Respom et Sandrine Giraud (PR Université d'Angers) a rejoint l'équipe Fungisem. Un total de 33 CDD a été engagé en 2024 et concerne les différents corps, d'Agent Technique à Ingénieur de Recherche, ainsi que les ATER (Attachés Temporaires à l'Enseignement et à la Recherche) et ECER (Enseignants Chercheurs Contractuels d'Enseignement et de Recherche). Cela inclut également les 9 chercheurs qui ont rejoint l'unité pour un contrat post-doctoral (voir la liste ci-dessous).

Six doctorants ont démarré leur thèse en 2024 à l'IRHS (voir la liste ci-dessous) et 5 autres doctorants ont été accueillis à l'IRHS pour des séjours de plusieurs mois. Il s'agit de Roumaissa BARKAT (cotutelle avec l'université d'Oran, Algérie, accueillie à Fungisem), Gillian BERGMANN (UC Davis, USA, accueillie à Emersys), Liliya DUCKENA (cotutelle avec l'université de Létonie, accueillie à Fungisem), Seyedeh Mona SALIMBAHRAMI (Université ISFAHAN-IRAN, accueillie à GDO), Euvaris SOME (Université de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, accueilli à Emersys) et Yuhui WANG (par une bourse du Conseil chinois, accueilli à Stragene).

L'année 2024 a malheureusement été marquée par le départ brutal de notre collègue Laurence Hibrand-Saint-Oyant. Son décès, survenu le 11 novembre 2024, a plongé notre unité dans une profonde tristesse. Laurence s'était beaucoup impliquée dans la vie de l'unité et de son équipe de recherche (GDO), mais également dans la SFR, puisqu'elle avait coordonné les premières éditions de la Summer School, avait été référente scientifique du plateau ANAN pendant de nombreuses années et avait conservé une activité dans ce plateau. Nous citons à son intention cette belle phrase de Marc Chagall : « Si toute vie va inévitablement vers sa fin, nous devons durant la nôtre, la colorier avec nos couleurs d'amour et d'espoir. »



IRHS
Institut de Recherche
en Horticulture et Semences



Post-docs commencés en 2024

Noé ARROYO VELEZ

Investigating the mechanisms shaping the adaptation of the phytopathogenic bacterium *Xylella fastidiosa* to its host environments.

Équipe d'accueil **EMERSYS**

Référent scientifique **Jessica DITTMER**

Jade BRUXAUX

Génomique des populations sauvages et cultivées des genres *Malus* et *Pyrus*.

Équipe d'accueil **RESPOM**

Référent scientifique **Hélène MURANTY**

Corentin DOURMAP

Ajustements métaboliques lors de variations de l'intensité photosynthétique.

Équipe d'accueil **SMS**

Référent scientifique **Guillaume TCHERKEZ**

Claire GUÉRIN

Influence des paramètres culturels sur le développement architectural du cannabis médical et l'accumulation de métabolites secondaires dans les inflorescences femelles.

Équipe d'accueil **STRAGENE**

Référent scientifique **Soulaiman SAKR**

Laval JACQUIN

Genome-wide association studies to detect new resistance alleles against apple scab and fire blight.

Équipe d'accueil **RESPOM**

Référent scientifique **Hélène MURANTY**

Florian LAMOUCHE

In situ microbiome editing strategies for seed-associated microbial communities.

Équipe d'accueil **EMERSYS**

Référent scientifique **Matthieu BARRET**

Béra LEY NGARDIGAL

Contribution à l'évaluation de la technologie Cascade pour les cultures sous abri.

Équipe d'accueil **STRAGENE**

Référent scientifique **Soulaiman SAKR**

Boris TAILLEFER

Étude de la régulation et de l'impact du T6SS de *Stenotrophomonas* sur le microbiote des graines.

Équipe d'accueil **EMERSYS**

Référent scientifique **Alain SARNIGUET**



IRHS
**Institut de Recherche
en Horticulture et Semences**



Thèses commencées en 2024

Chloé DAVRANCHE

Étude du conditionnement (priming) au stress hydrique de plantes par champ magnétique statique.

Financement : Université d'Angers via l'ED VAAME

Équipe d'accueil **STREMHO**

Direction-encadrement **A. VIAN**

Corisande DOUAY

Adaptation de modèles existants pour optimiser la combinaison de leviers immunitaires et agro-écologiques en verger de pommier.

Financement : Université d'Angers, Région Pays de la Loire

Équipe d'accueil **RESPOM**

Direction-encadrement **L. PERCHEPIED**

Nattida JUEWONG

Intégration multi-dimensionnelle de modèles éco-physiologiques guidée par les connaissances.

Financement : L'Institut Agro, Région Pays de la Loire

Équipe d'accueil **ImHorPhen**

Direction-encadrement **G. BUCK-SORLIN,
J. BOURBEILLON, E. CHANTOISEAU**

Alexandre KERCKHOVE

Effet de Leafamine® sur la réponse de la laitue en condition de Stress Hydrique : vers une compréhension holistique des mécanismes de réponse de la plante entière.

Financement : CIFRE, BCF LifeSciences

Équipes d'accueil **STRAGENE, SMS**

Direction-encadrement **G. BUCK-SORLIN,
J. BOURBEILLON, E. CHANTOISEAU**

Anaëlle LE SIOU

Traits bactériens impliqués dans la primo-colonisation des plantes.

Financement : INRAE, Région Pays de la Loire

Équipe d'accueil **STRAGENE**

Direction-encadrement **M. BARRET**

Pierre PARPAY-VAUCELLES

Évaluer l'aptitude de différentes espèces d'arbres à réduire la chaleur en ville dans des conditions contrastées de disponibilité en eau pour aider les collectivités à définir leur stratégie de plantation.

Financement : ALM, Terideal, Urbasense

Équipe d'accueil **STRAGENE**

Direction-encadrement **P.E. BOURNET,
S. DESMOTES-MAINARD, S. HERPIN**

Antoine VRAY

CO₂ contre H₂O : comment la photosynthèse interagit avec la transpiration au niveau métabolique.

Financement : Université d'Angers via l'ED VAAME

Équipe d'accueil **SMS**

Direction-encadrement **G. TCHERKEZ, J. LOTHIER**



EPHor

Environnement Physique de la plante Horticole

Fin du projet DESSERT : Désimperméabiliser les villes pour refonctionnaliser les sols urbains

DESSERT (2020-2024) est un projet multi-acteurs entre chercheurs issus de 3 champs disciplinaires (pédologie-agronomie, écologie - LSE, UL-INRAE ; Bagap et Ephor, L'Institut Agro Rennes-Angers et urbanisme - Institut d'Urbanisme et d'Aménagement Régional, UMR Telemme, AMU), opérateurs de l'aménagement urbain (Groupe Luc Durand, SCE, Wagon Landscaping) et un centre technique - Plante & Cité. Cette collaboration a permis d'imaginer, de construire et d'évaluer des solutions de désimperméabilisation pour faire face à l'augmentation de la population urbaine et à la densification du milieu urbain et favoriser l'adaptation des villes au changement climatique et au déclin de la biodiversité. Dans ce contexte, la prise en compte des sols dans les stratégies d'aménagement est un levier majeur puisqu'ils assurent des fonctions écologiques, en plus de rendre des services écosystémiques. Si les conséquences négatives du scellement sur les propriétés bio-physico-chimiques et le fonctionnement des sols sont connues, très peu de travaux de recherche se sont pour l'instant attachés à évaluer le potentiel de refonctionnalisation des sols, en particulier *via* leur désimperméabilisation.

Le projet DESSERT a été mené dans le but de mieux connaître l'état, le fonctionnement et la capacité de sols urbains à rendre des services écosystémiques avant et après désimperméabilisation à travers plusieurs étapes : (1) un état de l'art sur les sols urbains, (2) un inventaire des modalités de désimperméabilisation des sols, (3) une meilleure connaissance des effets de la désimperméabilisation des sols urbains sur leur état, leur fonctionnement et leur aptitude à rendre des services écosystémiques à partir de retours d'expériences de chantiers de désimperméabilisation et d'essais en sites pilotes ou en conditions de laboratoire sur des systèmes sols désimperméabilisés-plantes.

Si les retours d'expériences permettent de dégager des conclusions génériques, il faut garder à l'esprit que chaque projet de descellement de sol est unique avec des modalités de descellement variées et adap-

tées à chaque site en fonction des objectifs définis et en tenant compte des coûts en ressources et en énergie associés.

Enfin, les partenaires du projet ont produit un guide décrivant la procédure fondée à suivre pour concevoir et réaliser des opérations de désimperméabilisation des sols urbains. Le guide souligne le rôle fondamental des acquis scientifiques du projet pour atteindre des villes à haut niveau de fonctions écologiques et de services écosystémiques. Le guide vise à accompagner des projets concrets de descellement de sols urbains et à éclairer les différents acteurs de l'aménagement urbain en diffusant les résultats d'une recherche collaborative et pluridisciplinaire.



CONTACT

laure.vidal-beaudet@institut-agro.fr





EPHor Environnement Physique de la plante Horticole

Démarrage de projets

Coolpath (2025-29, ANR) : Adaptation des parcours urbains aux surchauffes et aux pollutions

Le projet CoolPath se focalise sur l'étude de solutions douces d'adaptation des citoyens face aux impacts de la chaleur et de la pollution de l'air en été dans différents environnements urbains. Il vise à proposer aux collectivités et aux habitants des connaissances et recommandations pour identifier, quantifier et réduire leur exposition aux risques liés à la surchauffe et à la pollution, notamment par l'adaptation de leurs parcours piétons urbains.

Partenaires :IRSTV (CEREMA, EPHor, LEE, ESO, BAGAP, LASIE, Air Pays de La Loire), I2M, Soleneos

Contact : sophie.herpin@institut-agro.fr 

Villegarden (2025-29, PEPR VBDI) : Les contributions des espaces verts résidentiels et partagés à la transition vers des villes biodiverses et perméables. Les objectifs du projet sont : (1) d'évaluer la performance écologique des espaces verts résidentiels (EVR), (2) d'évaluer les facteurs environnementaux et sociaux déterminant la performance, afin de trouver des solutions pour améliorer la planification, la conception et la gestion des EVR, et (3) de confronter les résultats des modèles spatialement explicites aux documents de planification actuels.

Partenaires : Université Claude Bernard Lyon 1, Université Gustave Eiffel, École nationale des travaux publics de l'État, École de l'aménagement durable des territoires, l'Institut Agro Rennes-Angers, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université Paris-Saclay, Université Paris-Est Créteil Val de Marne, Institut de Recherche pour le Développement, Université de Lorraine, Aix Marseille Université, CEREMA, BRGM

Contact : laure.beaudet@institut-agro.fr 

Nouvelle thèse commencée en 2024

Pierre PARPAY-VAUCELLES 2024-2027.

Évaluer l'aptitude de différentes espèces d'arbres à réduire la chaleur en ville dans des conditions contrastées de disponibilité en eau pour aider les collectivités à définir leur stratégie de plantation.

Financement ALM, Terideal, Urbasense

Directeur de thèse **P.E. BOURNET**

Co-encadrants **S. DEMOTES-MAINARD, S. HERPIN**



GRAPPE

Groupe de Recherche en Agroalimentaire sur les produits et les procédés

L'unité de recherche du GRAPPE a continué de se former avec 2 diplômées de l'HDR : Cécile Coulon-Leroy et Isabelle Maitre. Faustine Ruggieri a soutenu sa thèse le 25.04.2024 intitulée « Dynamiques d'action collective et changements de pratiques des vignerons sous AOP pour encourager la transition agroécologique. Un cas d'étude en Anjou-Saumur ».

Deux thèses CIFRE ont démarré en 2024

Axel FALCHETTI-CARTIER

Impacts environnementaux évalués par Analyse de Cycle de Vie des légumineuses à graines (pois chiche, lentille, haricot) de la fourche à la fourchette.
Direction de thèse : **Pierre PICOUET** (ESA),
Cécile GREMY-GROS (GRAPPE, UA)
Co-encadrement : **Sylvie DAUGUET** (Terres Inovia)

Renata VILLALOBOS-ENRIQUEZ

Impact d'un élevage long en barrique sur la composition et l'expression umami de vins blancs tranquilles de Chenin.
Direction de thèse : **Chantal MAURY** (ESA)
Ronan SYMONEAUX (ESA)
Co-encadrement : **François LITOUX-DESRUES** (Chêne et Cie)

Nous avons accueilli **Faidat MZE-HAMADI** (BIA, INRAE Nantes) pendant 3 mois lors de sa 1^{ère} année de thèse, intitulée « Détermination des relations entre structures propriétés et procédés d'aliments modèles à base de légumineuses », cette thèse est co-encadrée par **Marie DUFRECHOU** (ESA).

Par ailleurs, la thèse sur "la caractérisation des fèves de cacao en fonction de leur variété et de la région de production et du chocolat correspondant" a démarré à l'automne 2023 (thèse de **Bell-Blonde BIYENDOLO**). Après avoir caractérisé la composition des fèves de cacao, l'étude se poursuit avec la fabrication du chocolat, qui va être analysé dans l'année en cours. Cette thèse est en partenariat avec le Congo Brazzaville.

Par ailleurs, poursuite de la thèse de **Vincent BAILLET** concernant l'évaluation des solutions de lutte contre le gel en viticulture du point de vue de la perception des parties prenantes et de l'évaluation environnementale par ACV. La thèse est sous la direction de **Ronan SYMONEAUX** (ESA) et est co-encadrée par **Christel RENAUD-GENTIÉ** (ESA). Vincent a publié son 1^{er} article de thèse et un jeu de données (avec doi).

Le projet JACK ainsi que la chaire AAPRO (en partenariat avec l'Université d'Angers) se poursuivent avec une partie dédiée à la caractérisation de légumineuses (pois chiche, lentilles, ...) avec des méthodes non-destructives et l'analyse de leur digestibilité et des molécules responsables d'effets antinutritionnels.

Mobilités internationales

Gvanta SHANSHIASHVILI, doctorante du Department of Food, Environmental and Nutritional Sciences (DeFENS), Università degli Studi di Milano, Italia, pendant 3 mois, sur le thème "Improving the grape pressing for a sustainable wine production chain (GrapePress 4.0)".

Himelda BAYOULA, doctorante de l'Université Marien Ngouabi (Congo) et de l'institut 2i, mobilité pendant 6 mois sur le thème « Formulation d'une liqueur thérapeutique à partir de déchets de la biomasse locale »



LEVA Légumineuses, Écophysiologie Végétale, Agroécologie

En 2024, le LEVA a lancé le nouveau projet ANR France 2020 PULSAR. L'unité est aussi investie dans le projet ANR OPTILEG qui a démarré en avril 2024.

Le LEVA a intégré le GIS Grandes Cultures avec notamment, la co-animation du groupe thématique sur la diversification des systèmes et des filières. C'est dans ce cadre que l'équipe a accueilli une ingénieure en contrat à durée déterminée pour développer la communication des résultats issus de projets européens comme DiverIMPACTS et DIVERSify.

C'est avec une certaine émotion que l'équipe a souhaité une heureuse retraite à Marie-Paule RAVENEAU, après de nombreuses années de fructueuses collaborations.





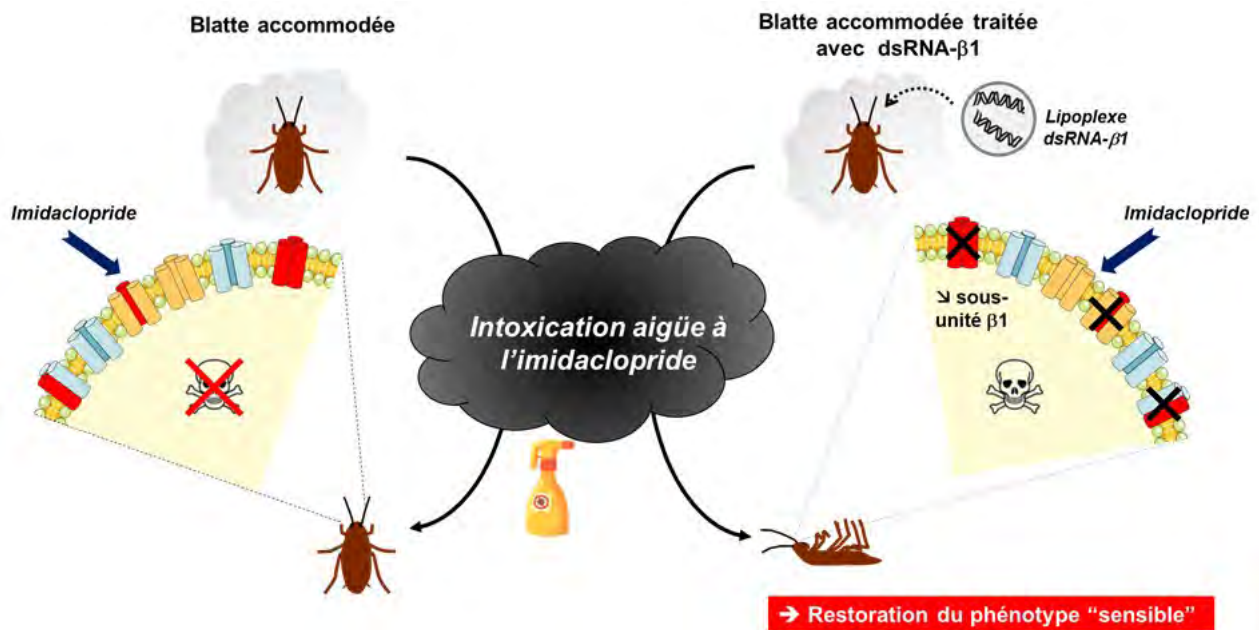
SiFCIR Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs



L'utilisation de l'ARN interférent pourrait être une solution pour contourner l'accommodation des insectes aux insecticides.

Depuis de nombreuses années, les besoins alimentaires de la population mondiale sont en constante augmentation. Un des éléments de réponse à cet enjeu est d'accroître les rendements agricoles. La protection des cultures contre les bioagresseurs contribue à cette augmentation. Le contrôle des populations d'insectes ravageurs se fait encore aujourd'hui principalement par l'utilisation d'insecticides. Cependant, l'accommodation et la résistance des insectes aux insecticides sont des freins importants au maintien d'une production de qualité et en quantité suffisante.

Un des enjeux actuels en agriculture est de contourner les phénomènes d'accommodation et de résistance mis en place par les insectes afin d'améliorer la lutte contre les insectes ravageurs de culture. L'ARN interférent apparaît comme un nouvel outil prometteur pour contrôler les insectes ravageurs. Au cours de cette étude, nous avons utilisé des ARN double-brins (ARNdb) ciblant une sous-unité nicotinique chez la blatte *Periplaneta americana* utilisée comme insecte modèle, afin de contourner l'accommodation de cet insecte à un traitement à l'imidaclopride.



Le traitement avec un ARN double-brins ciblant la sous-unité nicotinique $\beta 1$ (dsRNA- $\beta 1$) des blattes *Periplaneta americana* accommodées à un traitement à l'imidaclopride permet de rendre à nouveau ces blattes sensibles à cet insecticide.

Référence :

Ligonniere S, Bantz A, Raymond V, Goven D. Using RNA interference targeting a nicotinic acetylcholine receptor subunit to counteract insecticide accommodation mechanisms: example of the $\beta 1$ subunit in the imidacloprid-accommodated american cockroach, *Periplaneta americana*. *J Pestic Sci.* 2024 ; 49(1) :58-64. doi:10.1584/jpestics.D23-027



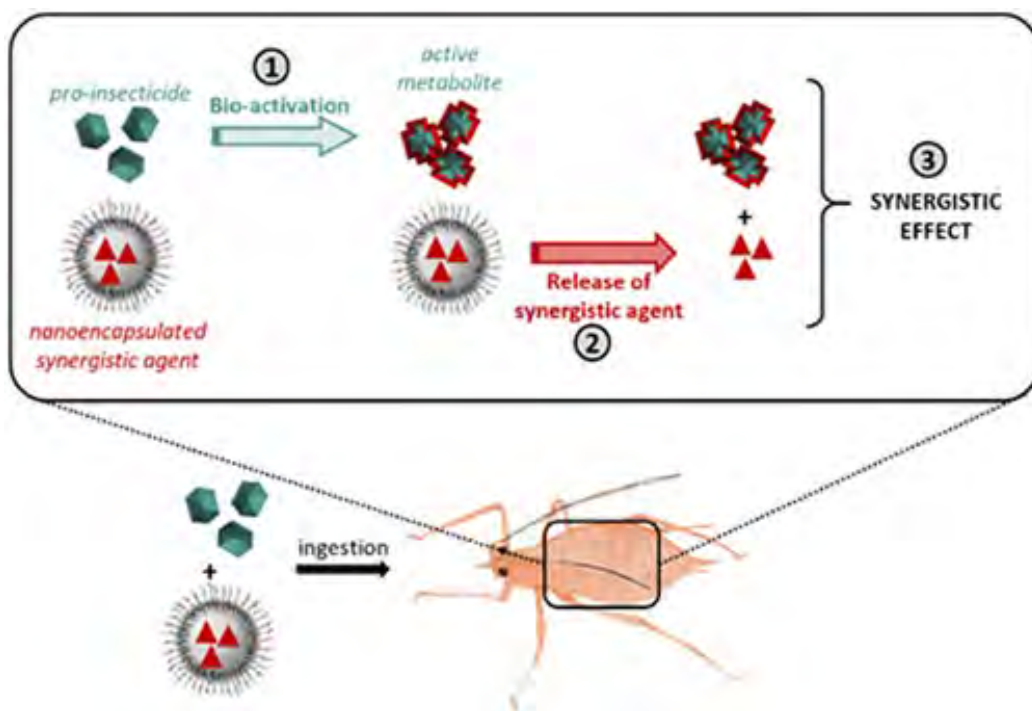
SiFCIR Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs



Un insecticide nanoencapsulé combiné à un pro-insecticide : une association efficace pour lutter contre le puceron du pois *Acyrtosiphon pisum*

L'utilisation non raisonnée des pesticides depuis des décennies a entraîné des effets néfastes sur l'environnement et le développement d'insectes résistants aux insecticides. La mise en place de nouvelles stratégies de lutte contre les ravageurs est donc nécessaire pour réduire les doses de traitement utilisées et pour limiter le développement d'organismes résistants. Dans cette étude, des nanocapsules lipidiques contenant des concentrations sublétales de deltaméthrine sont testées sur le ravageur de culture *Acyrtosiphon pisum* en combinaison avec un pro-insecticide de la famille des oxadiazines, l'indoxacarbe. Des tests toxicologiques

in vivo sur des larves d'*A. pisum* ont montré un effet synergique de la deltaméthrine nanoencapsulée associée à une faible dose d'indoxacarbe. L'intégrité et la stabilité des nanoparticules lipidiques ont également été observées par imagerie FRET dans le système digestif des larves de pucerons. Ainsi, cette association synergique de deltaméthrine nanoencapsulées et d'indoxacarbe est une voie prometteuse pour le développement de futures formulations contre les insectes nuisibles afin de réduire les doses d'insecticide utilisées.



Un traitement contenant des nanocapsules de deltaméthrine à une dose sublétale associées à une faible dose du pro-insecticide, indoxacarbe est efficace sur le puceron du pois.

Référence :

Galloux M, Bastiat G, Lefrancois C, Apaire-Marchais V, Deshayes C. Nanoencapsulated deltamethrin combined with indoxacarb: An effective synergistic association against aphids. *J Pestic Sci.* 2024, 49(3), 168–178. <https://doi.org/10.1584/jpestics.D24-003>



SiFCIR Signalisation Fonctionnelle Canaux Ioniques et Récepteurs



Nouveaux arrivants

Nina DUPONT est venue au laboratoire de janvier à juin 2024 pour effectuer son stage de Master 2 sous la co-direction de V. Apaire-Marchais et G. Bastiat dans le cadre du projet PEST-IRM co-financé par les SFR Quasav et ICAT.

Imen DRIDI a rejoint le laboratoire SiFCIR en septembre 2024 en tant qu'Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche.

Jean-Baptiste BRIAND a rejoint le laboratoire SiFCIR au 1^{er} octobre 2024 pour réaliser une thèse portant sur la caractérisation des protéines auxiliaires des récepteurs nicotiniques chez le puceron du pois *A. pisum*. Ce travail est co-encadré par Delphine Goven et Valérie Raymond.

Organisation des journées des doctorants du département SPE de l'INRAE

Marine GALLOUX, doctorante en 3^{ème} année au laboratoire SiFCIR a participé à l'organisation de ces journées qui ont eu lieu du 22 au 24 mai 2024. Au cours de ces journées, les doctorants ont pu échanger sur leur projet scientifique et découvrir notre région. Un grand merci à Marine et à Catherine Pawlonski qui a été une aide précieuse dans la gestion de cet événement.



SONAS

Substances d'Origine Naturelle et Analogues Structuraux

Projets

Pour la dernière étape du projet Sensichem (Chaire régionale d'application en partenariat avec GreenImpulse et IRHS-Fungisem), A. Faris (12 mois, IgE) a été recruté pour mettre en place un modèle de criblage virtuel des bases de données des produits naturels sur les protéines IRE1 et PKc (porteur G. Viault). Il accompagne E. Oger (18 mois, IgE) sur ce projet dont le contrat a été prolongé sur la période.

Dans le cadre d'un projet de pré-maturation financé par la SATT, K. Al Sahib (IgR) a rejoint le laboratoire pour développer une nouvelle voie d'accès (hémi) synthétique de dérivés chromanol, inhibiteurs de la 5-LOX (porteur J.J Helesbeux). Sur cette même thématique, le projet CLEANERS (Contrôle du déclenchement et de la résolution de l'inflammation par des chromanols multi-cibles d'origine naturelle) a été accepté par l'ANR dans le cadre des AAP MRSEI (24 mois, porteur J.J. Helesbeux).

Deux partenariats nouveaux ont commencé cette année. Le projet DeepInWood avec Fibois Bretagne et la société Josso explore les possibilités de plus-value supplémentaire liées aux métabolites spécialisés présents dans des co-produits issus de 2 espèces d'arbre utilisées par les scieries impliquées (i.e. Quercus robur et Pinus pinaster). DeepInwood s'appuie sur un contrat d'apprentissage d'un étudiant du Master 2 PPAON (12 mois, porteuse S. Derbré). Le second partenariat implique l'entreprise Bayer et cherche à caractériser les métabolites d'extraits spécifiques à partir de données RMN ^{13}C via le programme MixONat développé par le SONAS (porteuse S. Derbré).

Doctorants

L. N. FERRO HOLGUIN a démarré une thèse en octobre 2024 (dispositif Tandem) intitulée : Devenir de phytomarqueurs d'additifs d'origine végétale dans le tractus gastro-intestinal de monogastriques. Direction : **D. GUILLET**, Co-encadrants : **P. ENGLER** (NorFeed), **S. BOISARD** (Labcom FeedInTech).

Il s'agit d'étudier le suivi de produits naturels utilisés en nutrition animale dans les différents compartiments du tractus digestif de monogastriques. L'accès à ces données précises rendu possible grâce aux équipements analytiques de dernières générations et une coopération étroite avec les fermes expérimentales permettront d'apporter des éléments de compréhension complémentaires sur les biotransformations et la biodisponibilité des produits naturels. Ces données permettront aussi de proposer des modélisations de biotransformations plus fines par approche compartimentale.

Personnels

En 2024, deux enseignants-chercheurs du laboratoire ont pris leur retraite :

P. RICHOMME, ancien directeur SONAS (2000-2021), **A.M LE RAY-RICHOMME** qui a obtenu l'éméritat pour 5 ans,

Antoine BRUGUIÈRE, nouveau MCU en pharmacognosie a rejoint le SONAS en septembre.





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



Une nouvelle politique R&D pour mieux évaluer les variétés et les semences en lien avec la transition agroécologique et le changement climatique

Le GEVES a défini en 2024 sa nouvelle politique de Recherche et Développement, avec l'appui de son Conseil Scientifique.

Sur la période 2024-2028, le GEVES réalisera prioritairement des travaux de R&D lui permettant de développer, valider, et mettre en œuvre des outils et des méthodes au service de ses missions d'évaluation des variétés et des semences, en lien avec les grands enjeux actuels et futurs du monde agricole et de la filière agroalimentaire, dans un souci de durabilité afin de :

- Mieux évaluer les variétés et les semences dans le contexte du changement climatique.
- Mieux évaluer les variétés et les semences adaptées à l'agroécologie, en contribuant au maintien et à l'étude de la biodiversité en lien avec les variétés.
- Améliorer les méthodes d'évaluation pour gagner en efficacité, en fiabilité et renforcer la protection de la santé et de la sécurité au travail.



Une année d'événements « Graines ou Semences » pour fêter les 140 ans de la SNES



En 2024, le GEVES a célébré les 140 ans de la Station Nationale d'Essais de Semences (SNES) à travers l'initiative "Graines ou semences ? 140 ans d'histoire collective". Tout au long de l'année, une série d'événements, de visites et de conférences ont été organi-

sés pour sensibiliser le public aux multiples facettes des semences. Parmi les temps forts, une conférence au salon du SIVAL a abordé l'évolution de l'évaluation de la qualité des semences, alliant histoire et technologies modernes. L'exposition "Graines ou Semences", inaugurée à la Maison de l'Environnement d'Angers, a offert une immersion dans l'univers fascinant des semences, révélant leur rôle essentiel et souvent méconnu. Cette célébration a également contribué à renforcer les liens entre les différents acteurs du territoire et plus largement au niveau d'organisations nationales, qu'ils soient issus de la recherche, de la formation, de la culture scientifique et de la culture artistique. Ces manifestations ont été l'occasion de découvrir et apprécier la richesse et la diversité des semences, véritables piliers de notre patrimoine agricole et culturel. Ce sujet restant essentiel, une page du site GEVES met à disposition des ressources documentaires et un accès à l'emprunt des différents supports de l'exposition.

<https://www.geves.fr/2024-140-ans-d-histoire-collective/>





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



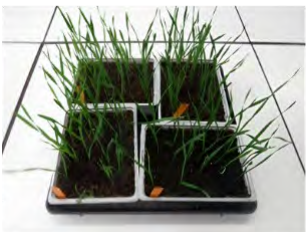
Le GEVES rejoint PHENOME-EMPHASIS, l'infrastructure Française de Phénomique Végétale



Le 29 janvier 2024, le GEVES a rejoint PHE-NOME-EMPHASIS, Infrastructure Natio-

nale de Recherche qui développe des équipements (vecteurs et capteurs pour acquérir et traiter des images et des données pour des milliers de plantes) et des méthodes pour analyser la variabilité génétique des réponses des plantes au changement climatique (sécheresse, CO₂ élevé, hautes températures, maladies émergentes). Le GEVES contribue aux travaux de PHENOME à travers ses apports sur le phénotypage des semences *via* la plateforme PHENOTIC et sur le phénotypage au champ des variétés, en privilégiant des dispositifs légers de type drone, perche-piéton ou smartphone. Pour l'envirotypage des lieux d'essais, les capteurs connectés sont également évalués. Les techniques d'intelligence artificielle et leur application pour l'analyse des semences ou les évaluations DHS et VATE sont particulièrement abordées dans PHE-NOMME.

Expertise et recherche méthodologique pour le biocontrôle et la biostimulation des semences et des plants



Au service de la transition agroécologique, le GEVES apporte son expertise relative à l'évaluation de la qualité des semences en appui au développement de solutions de biocontrôle et la

biostimulation de semences et de plants. Les laboratoires de Pathologie et de Germination développent des méthodes et testent l'efficacité de biosolutions en milieu contrôlé et dans diverses conditions. L'année 2024 a été porteuse sur cette thématique.

Le GEVES est partenaire de deux importants projets de R&D - Sucseed, Seedbioprotect - qui visent l'identification de solutions alternatives aux pesticides. Pour

le projet Sucseed, mené en collaboration avec l'IRHS, le GEVES a produit des semences contaminées par des pathogènes seedborne, a vieilli des semences par détérioration contrôlée et caractérisé les effets de communautés microbiennes sur la qualité physiologique des semences. Pour Seedbioprotect, le GEVES développe des méthodes *in vitro* et *in vivo* mesurant l'efficacité de protection des semences par des solutions de biocontrôle avec les pathosystèmes *Pythium irregulare* sur blé et *Rhizoctonia solani* sur tomate.

Actif au sein du RMT Bestim, le GEVES a présenté son rapport d'activité à l'assemblée générale et contribué à la rédaction d'un chapitre méthodologique du guide sur l'immunité végétale, à paraître, qui est un livrable final de ce RMT.

Dans le cadre de France 2030 : Grand Défi Biocontrôle et Biostimulation pour l'Agroécologie, le GEVES a contribué avec l'IRHS à la proposition d'une infrastructure distribuée dédiée à la filière semences, SUPRASEED : Réseau d'Évaluation des Approches de Biostimulation et de Biocontrôle pour la Protection et la Stimulation des Semences et Plants en milieu contrôlé.

Trois méthodes officialisées sur les mandats LNR en Santé des Végétaux

Les laboratoires de l'unité Détection de bioagresseurs du GEVES portent le mandat de LNR Santé des Végétaux pour des organismes non de quarantaine sur une matrice prépondérante, les semences.

En 2024, trois méthodes de détection de bioagresseurs ont été officialisées par parution au BO Agri. Il s'agit des méthodes : M-GEVES/SV/MO/008 pour la détection de *Plasmopara halstedii* sur semences de tournesol, M-GEVES/SV/MO/009 pour la détection de *Xanthomonas* sur semences de haricot, et M-GEVES/SV/MO/007 pour la détection de *Bruchus pisorum*, *Bruchus rufimanus* et *Acanthoscelides obtectus* sur semences de pois, fève et haricot. La première méthode est issue de la méthode ANSES/LSV/MA032 v2. Elle permet de détecter *P. halstedii*, (champignon responsable du mildiou) par biologie moléculaire (SE-qPCR) à partir de semences broyées. La seconde,



GEVES

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



est issue de la méthode ANSES MOA030 à laquelle a été ajoutée l'utilisation de biologie moléculaire (PCR TaqMan en temps réel). Elle permet la détection de l'agent de la grasse commune du haricot causée par les *Xanthomonas* et donc de participer à la non-dissemination de cette maladie bactérienne par les semences. La troisième méthode est basée sur une inspection visuelle de l'échantillon de semences afin de détecter les bruches nuisibles éventuellement présentes via l'utilisation des caractéristiques morphologiques (forme, structure, couleur...). Elle peut être complétée d'une inspection de la morphologie interne des semences par radiographie ou dissection pour révéler d'éventuelles formes cachées à l'intérieur des semences. Il s'agit de la première méthode GEVES sur une nouvelle catégorie de bioagresseurs : les insectes. Les méthodes publiées sont accessibles depuis le site du GEVES.

<https://www.geves.fr/laboratoire-national-de-reference/methodes-analyse-officielles/>



Le séquençage au GEVES pour la détection de pathogènes



Le séquençage de l'ADN est utilisé depuis plusieurs années au GEVES notamment pour la caractérisation des collections d'agents pathogènes ou pour des projets de R&D.

Jusqu'à présent le séquençage était sous-traité et la technologie majoritairement utilisée était le séquençage Sanger. Un projet financé par l'ISTA, coordonné par le GEVES et en collaboration avec de nombreux partenaires internationaux, est en cours pour valider une méthode d'identification de souches de *Fusarium* isolées de céréales au niveau de l'espèce par barcoding. Le GEVES a également développé un nouveau marqueur pour la détection de ces souches directement à partir de broyats de semences de céréales par métabarcoding et l'a testé avec la technologie Illumina sur l'appareil ISeq 100 (PT ANAN) dans le cadre du projet

DéFi financé par la SFR-Quasav. Le lancement en 2023 du projet CASDAR SeqDetecVeg, piloté par le GEVES, en partenariat avec de nombreux semenciers, IRHS et le plateau ANAN a pour but de valider une méthode de détection d'agents pathogènes fongiques et bactériens dans des semences potagères par métabarcoding en utilisant le séquençage de deuxième voire de troisième génération (technologie Nanopore). Le GEVES investit ainsi dans le développement de l'utilisation de ces technologies pour des applications en routine visées en 2027 avec notamment l'acquisition en 2023 d'un séquenceur Nanopore et la formation de ses agents sur cette technologie.

Exploiter le génotypage par séquençage en appui à la DHS des espèces ornementales : un cas d'étude avec l'*Hydrangea*



Achevé en 2024, ce projet de deux ans sur l'utilisation du génotypage en appui de la DHS Hydrangea, a été cofinancé par l'OCV et mené en collaboration avec le Bundes-

sortenamt (Allemagne) et en partenariat avec l'IRHS. En s'appuyant sur les nouvelles technologies de génotypage par séquençage à très haut débit, ce projet pilote a testé une approche inédite qui associe des marqueurs neutres et des marqueurs liés à des caractères d'intérêt agronomique et ornemental. L'objectif est d'élaborer un outil de biologie moléculaire pour caractériser la collection nationale de référence d'*Hydrangeas*, soit près de 1100 variétés dont une grande partie est maintenue à l'Arboretum Gaston Allard à Angers. Plusieurs groupes de marqueurs ont ainsi été sélectionnés qui permettront de guider le choix des témoins pour les examens DHS et confirmer l'identité des variétés prélevées dans la collection.



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



Premiers résultats du projet européen ToBR-Ag



Le GEVES coordonne le projet ToBR-Ag, financé par l'OCVV, qui intègre 2 volets dont l'étude de la résistance au virus ToBRFV extrêmement dommageable sur cultures de tomate et piment.

Les premiers résultats ont confirmé que la haute résistance phénotypique des variétés de tomate ne garan-

tit pas l'absence de pouvoir infectieux. Des plantes complètement asymptomatiques peuvent avoir une charge virale importante et une capacité à contaminer d'autres plantes sensibles. La réglementation européenne impose que les semences issues de variétés de tomate attendues résistantes au ToBRFV fassent l'objet d'un test officiel de détection de ce virus (classé organisme réglementé non de quarantaine depuis janvier 2025) afin d'en garantir l'absence dans les lots de tomate en circulation. La spécificité et la reproductibilité d'un marqueur de résistance au ToBRFV ont également été validés. Ce nouveau marqueur pourra être proposé en méthode alternative au biotest dans les protocoles DHS de l'OCVV.

Harmorescoll : du matériel de référence pour les tests de résistance en DHS



Pour certaines espèces, dont les cultures légumières, évaluer la résistance aux bioagresseurs peut être un critère discriminant lors du processus d'inscription et/ou de protection de variétés. Ces tests doivent être conduits dans un cadre bien défini, en utilisant du matériel de référence (souches, variétés

témoins et hôtes différentiels). Le projet européen

Harmorescoll (2020-2024), financé par l'OCVV et piloté par le GEVES, a permis d'inventorier, pour chaque test officiel le matériel de référence décrit et où s'en procurer. Ce matériel fait l'objet d'une validation en amont, sur la base de critères de qualité définis par Harmorescoll, afin de s'assurer de leur performance lors des tests officiels. MatRef, le réseau coordonné par le GEVES y contribue pour une grande part (plus de 60 souches et 140 variétés). L'année 2025 sera celle du lancement du site Internet et de la pérennisation d'Harmorescoll comme un outil majeur dans le processus DHS en Europe.

Fin du projet BrasExplor



Après 4 ans d'investigations visant à identifier les déterminants génétiques de l'adaptation aux conditions climatiques du chou et du navet, le projet BRASEXPLORE a présenté ses avancées à son conseil scientifique qui a émis un avis favorable sur ces travaux et a insisté sur l'importance de déposer les ressources génétiques caractérisées grâce au projet sur Eurisco, le catalogue européen des ressources phytogénétiques.

Au total 117 *Brassica rapa* et 80 *Brassica oleracea*, populations sauvages ou cultivées, ont été multipliées et caractérisées à différentes échelles par les 11 partenaires du projet H2020 PRIMA. Un livre électronique de recettes a même été édité pour remettre au goût du jour ces légumes délaissés et mettre en valeur les



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



variétés paysannes d'Algérie, France, Italie et Slovénie. Plusieurs publications ont été soumises dont deux impliquant le GEVES qui a phénotypé la germination des ressources génétiques natives du bassin méditerranéen. Ce projet a permis de mettre au point des méthodes automatisées d'évaluation de la germination de lots de semences de chou et de navet en conditions stressantes.

Références :

Falentin, C., Hadj-Arab, H., Aissiou, F., Bartoli, C., Bazan, G., Boudet, M., Bousset-Vaslin, L., Chouikhi, M., Coriton, O., Deniot, G., Ferreira De Carvalho, J., Gay, L., Geraci, A., Glory, P., Huteau, V., Ilahy, R., Ilardi, V., Jarillo, J. A., Meglič, V., Oddo, E., Pernas, M., Piñeiro, M., Pipan, B., Rhim, T., Richer, V., Rizza, F., Ronfort, J., Rousseau-Gueutin, M., Schicchi, R., Sinkovič, L., Taburel, M., Terzi, V., Théréné, S., Tired, M., Tlili, I., Wagner, M.H., Badeck, F. W., Chèvre, A., 2024. Combined cytogenetic and molecular methods for taxonomic verification and description of *Brassica* populations deriving from different origins. *Genetic Resources* 5 (9), 61–71. <https://doi.org/10.46265/genresj.RYAJ6068>
HADJ-ARAB Houria; BLAMA Aïcha; CHEVRE, Anne-Marie; BOUDET, Matéo; BOUSSET-VASLIN Lydia; DANIEL Loïc; FALENTIN, Cyril; GLORY Pascal; WAGNER Marie-Hélène; DUPONT Audrey; GERACI Anna; ODDO Elisabetta; SCHICCHI Rosario; TERZI Valeria; SINKOVIC Lovro; MEGLIC Vladimir; PIPAN Barbara, 2024, "Cabbage and turnip: rediscovering old friends", <https://doi.org/10.57745/YD4VHS>
Tired, M., Wagner, M.-H., Gay, L., Chenel, E., Dupont, A., Falentin, C., Gavory, F., Labadie, K., Ducournau, S., Chèvre, A.-M., 2024. An unexplored diversity for adaptation of germination to high temperatures in *Brassica* species. *bioRxiv* <https://doi.org/10.1101/2024.10.22.619588>



VEGEPOLYS VALLEY



Fin 2024, le pôle de compétitivité VEGEPOLYS VALLEY compte **675 adhérents** (+30/ 2023) répartis en 476 TPE et PME, 57 ETI et grands groupes, 45 centres de recherche, 28 organismes de formation et 69 autres structures. Le pôle 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 288 adhérents (43% du total).

VEGEPOLYS VALLEY couvre **l'ensemble des productions végétales** : grandes cultures, maraîchage 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. Sa mission est de soutenir et rassembler les acteurs du végétal pour faire naître les innovations qui feront le monde de demain. Il stimule et accompagne la co-conception des innovations de l'amont à l'aval.

Outre les **7 axes d'innovation**

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

L'équipe du pôle offre également des **services aux chercheurs** qui sont des partenaires clés de l'activité du réseau du pôle

<https://www.vegepolys-valley.eu/offre-de-services/offre-de-services-pour-les-chercheurs/>



VEGETOPOLYS VALLEY



L'activité du pôle autour des projets

106 PROJETS DE R&D ACCOMPAGNÉS

81 ÉTUDIÉS PAR LE CLOSI

209M€
DE BUDGET GLOBAL

34 PROJETS DÉJÀ FINANCÉS SOIT **32M€** de budget (39 en attente)

252 PARTICIPATIONS D'ADHÉRENTS

L'accompagnement des projets est réalisé en tandem entre l'équipe des chargés de mission du pôle et le CLOSI, le Comité de Labellisation et d'Orientation Stratégique Innovation. L'équipe accompagne les consortiums, le cas échéant dès l'idée, par des mises en relation, l'identification de financements adaptés, la construction d'un calendrier prévisionnel de montage du dossier et la fourniture de conseils pour établir un dossier bien argumenté. Le CLOSI mobilise un ou deux de ses membres experts les plus pertinents pour chacun des projets (Cf. Liste en annexe) qui relisent le dossier formalisé et viennent le challenger pour le consolider et lui donner les meilleures chances d'acceptation.

Répartition des projets par axe technologique



106 projets de R&D ont été accompagnés par l'équipe et 81 labellisés ou soutenus par le CLOSI (Comité de labellisation et d'Orientation de la Stratégie Innovation), dont 38 avec un rayonnement régional, 41 au niveau national et 27 à l'échelle européenne. La baisse des appels à projet nationaux notamment *via* France 2030 a été compensée par un dynamisme dans nos régions. **Les projets impliquent 55 participations ligériennes dont 17 émanant de la recherche académique.**

Le Comité de labellisation et d'Orientation de la Stratégie Innovation qui étudie la labellisation et le soutien des projets CLOSI s'est réuni 11 fois en séance plénière ou en comité restreint. Sur ses 32 membres, **le comité compte 13 ligériens dont 5 issus de QUASAV.**

Organisation de la 9^{ème} édition du Concours de startups de VEGETOPOLYS VALLEY avec cinq lauréats recevant chacun un prix de 10 000€ et un accompagnement opérationnel et stratégique par le pôle.

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 (103 transmises à des adhérents en 2024). Le pôle a accompagné **l'intégration de 54 adhérents dans 31 projets européens** dont **5 sont financés** représentant 3M€ de fonds européens pour les adhérents. Le pôle est intégré dans 11 projets en cours avec 1 nouveau financé en 2024.

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

<https://www.vegetopolys-valley.eu/les-projets-precompetitifs/> 🚀

- Continuation des projets CLIMAVEG, RE-GREEN-HOUSE, FLORAGRI, montage de SOJASUR.
- Déploiement en Centre Val de Loire et en Auvergne Rhône Alpes avec le projet AURA AgriAURA 2025.



VEGEPOLYS VALLEY



Initiatives de développement des entreprises et des filières

- **10 bulletin mensuel de veille économique, 10 Lettres de veille Europe et 44 lettres de veille thématiques** : Innovation variétale, santé des plantes, nouvelles tech et végétal urbain (n'hésitez pas à demander l'abonnement)
- **1 Étude prospective** sur le thème « Compétences et métiers d'avenir dans la chaîne de valeur du végétal à l'horizon 2030 » avec 4 scénarios travaillés
- **Un accompagnement à la levée de fonds privés** via deux labels : Hi-France et Agri'O avec 3 lauréats accompagnés en 2024.
- **Une étude de faisabilité** (technique et économique) sur une **nouvelle filière « thé et huile de camélia »** dans l'ouest de la France.

L'international

- Animation de **2 groupes territoriaux** : « Afrique » et « Amérique latine » avec chacun 4 rencontres et respectivement 22 et 25 participants en moyenne.
- Renouvellement du VIBE, **convention d'affaires internationales** lors du SIVAL 24.

La communication

- Un site web où retrouver les infos, l'offre de services et les actualités.
- <https://www.vegepolys-valley.eu/> 📡
- Une page LinkedIn avec plus de 10 000 abonnés et 270 000 impressions.
- 3 salons en France : SIVAL, Salon du végétal et Sommet de l'élevage.

L'équipe du pôle compte **38 personnes** dont **21 en Pays de la Loire** et des implantations à Clermont-Ferrand, Roscoff, Orléans et Lyon.

Saint-Pol-de-Léon

Delaunay Claire – *congé maternité*
Liquier Jeanne
Monot Clémence

Nantes

Cassagnes Marie-Pierre

Angers

Abalain Cécile
Audebert Muriel
Boismorin Gino
De Oliveira Ramos Claudia
Defferier Thomas
Defossez Emeline
Diridollou Ahna
Durand-Cheval Morgane
Garnier Emeline
Grosbois Claire
Keck Mireille
Heard-Chapelet Lucile
Lecomte Juliette
Lemoine Ophélie
Mercier Lise
Noël Victor
Ploteau Alexandre
Rousseau Emmanuelle
Tenaud Béatrice
Tosser Véronique



Rennes

Freulon Henry
Leherissey Solen
Minier Léa
Rouverand - Malgorn Cécile

Orléans

Janicot France
Robert Léo
Simonneau Marie-Anne

Lyon

De Lavigne Joséphine
Tonkin Baptiste

Clermont-Ferrand

Boussit Maïti
Busetta - Hermitte Stéphanie
Jouve - Sousa Carine
Juillard Anthony
Perchet Geoffrey
Solanas Isabelle



Glossaire

Unités de recherche

IRHS	Institut de recherche en horticulture et semences <i>Inrae, Institut Agro Rennes-Angers, Université d'Angers</i>
SIFCIR	Signalisation fonctionnelle des canaux ioniques et récepteurs <i>Université d'Angers, Inrae</i>
SONAS	Substances d'origine naturelle et analogues structuraux <i>Université d'Angers</i>
LEVA	Légumineuses, écophysiologie végétale, agroécologie <i>Esa, Inrae</i>
GRAPPE	Groupe de recherche en agroalimentaire sur les produits et procédés <i>Esa, Inrae</i>
EPHOR	Environnement Physique de la plante Horticole <i>Institut Agro Rennes-Angers</i>
BVO	Bactériologie, virologie, OGM <i>Anses</i>

Équipes associées

Rhizosphère de l'US2B	Équipe interactions plante-plante et signaux rhizosphériques, Unité en Sciences Biologiques et Biotechnologique <i>Nantes Université, CNRS</i>
EGI de l'IGEPP	Équipe écologie génétique des insectes, Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes <i>Inrae, Université Rennes 1, Institut Agro Rennes-Angers</i>
PRP de BIA	Équipe polyphénols, réactivité, procédé Unité Biopolymères Interactions Assemblages <i>Inrae</i>

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
HIMIC	High-throughput Microbiology
IMAC	Imagerie cellulaire
PHYTO	Analyses phytochimiques

Plateformes Technologiques

PHENOTIC	Phénotypage des semences et des plantes
SENSO'VEG	Analyses sensométriques

Équipes IRHS

BIDEFI	Bioinformatics for plant Defense Investigations
ECOFUN	Écologie évolutive chez les champignons
EMERSYS	Émergence, systématique et écologie des bactéries associées aux plantes
FUNGISEM	Pathologies fongiques des semences
GDO	Génétique et Diversité des plantes Ornementales
IMHOPHEN	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 Épigénétique et Développement
SMS	Source and sink Metabolism and Stress responses
STRAGENE	Structure et Ramification en réponse à l'Interaction Génotype-Environnement
STREMH0	Stress Épigénétique et Mémoire des Plantes Horticoles
VALEMA	VaLorization of Epigenetic Marks in Plants
VADIPOM	Valorisation de la Diversité des Pomoidées

Structure Fédérative de Recherche Qualité et Santé du Végétal ANGERS



www.sfrquasav-angers.org

SFR QUASAV
42 rue Georges Morel
49071 Beaucouzé Cedex