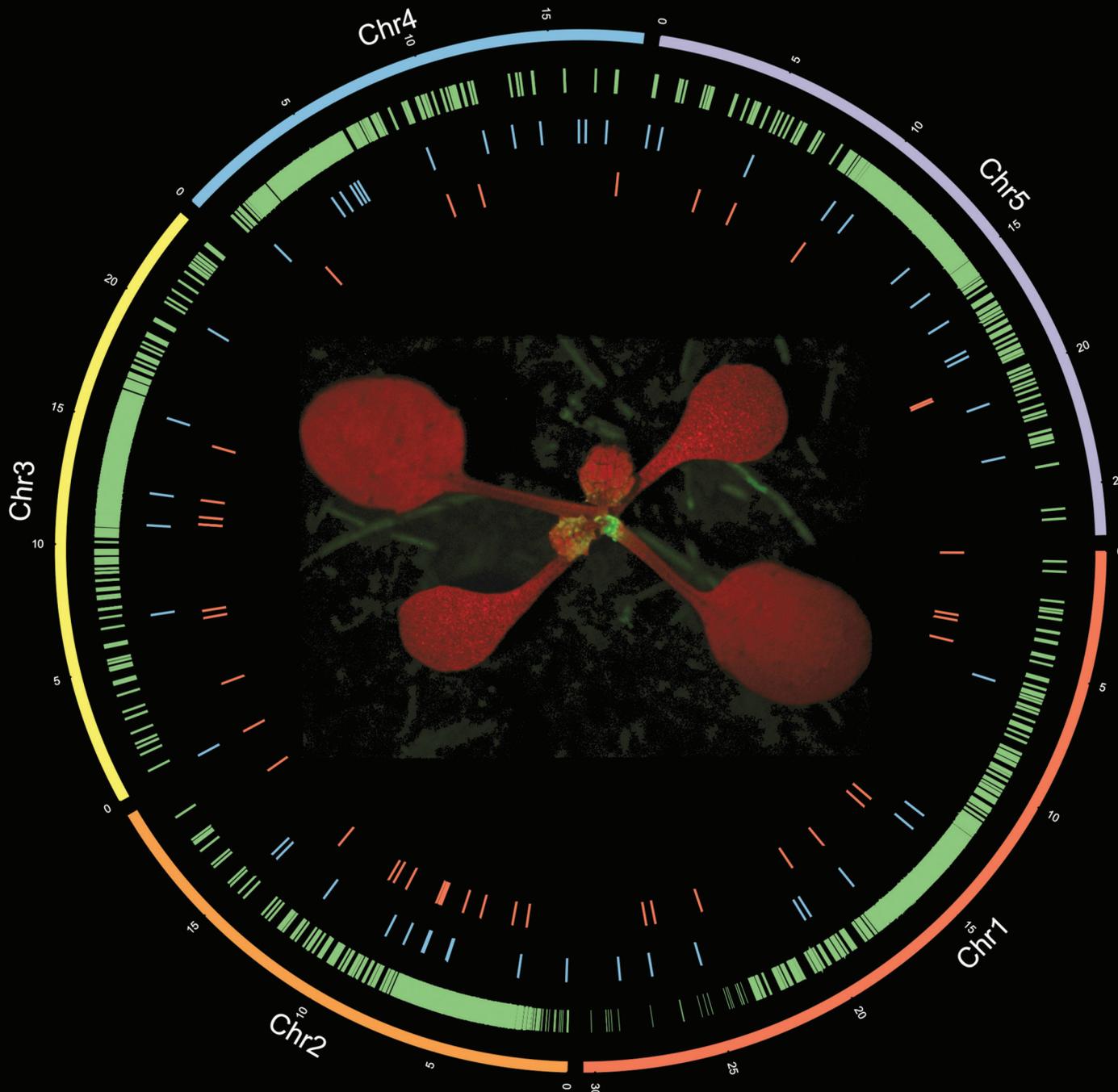


Pôle recherche Végétal SFR QUASAV et partenaires



PRÉAMBULE

La Structure Fédérative de Recherche « Qualité et Santé du Végétal » (SFR QUASAV) vous présente le 11^{ème} volume des « faits marquants du pôle recherche végétal », pour l'année 2015. Les résultats majeurs des neuf unités constituant la SFR y sont présentés, ainsi que ceux de trois autres unités du pôle recherche végétal (EPHOR, GRANEM, Paysage et Ecologie). Les plateaux-techniques et plateformes de la SFR QUASAV y présentent également leurs avancées majeures. Enfin, ce rapport contient également une contribution des trois principaux partenaires angevins de la SFR : l'ANSES, le GEVES et Végépolys, ainsi qu'un bilan du RFI « Objectif Végétal ».

L'année 2015 a été marquée par **l'emménagement dans la « Maison de la Recherche »** du Campus du Végétal de plusieurs équipes de l'IRHS, du SONAS, d'une partie des laboratoires GRAPPE et LEVA, ainsi que des laboratoires du Centre de R&D de Végépolys. Toutes ces équipes partagent désormais un même site de 8900 m² de laboratoires parfaitement équipés, à proximité immédiate des autres laboratoires de recherche du Centre INRA et des installations expérimentales mutualisées. A l'occasion de l'inauguration de ce bâtiment, une **convention a été signée entre l'INRA et la Région Pays de la Loire**, pour intensifier leur politique de coopération et coordonner leurs actions sur le territoire.

Plusieurs projets de recherche importants ont été obtenus en 2015. Parmi eux, on peut citer le **LabCom ESTIM** qui contribue à accroître la visibilité du site sur le biocontrôle (les stimulateurs de défense des plantes (SDP) et les biostimulants), ainsi que les projets ANR Reguleg, FSPM APPLE, ReVeRIES, RosesMonde et deux nouveaux projets européens (H2020) PONTE et EMPHASIS. Dans le cadre du RFI « Objectif Végétal », dix nouveaux projets de recherche ont été soutenus en 2015, permettant le financement de cinq thèses et trois post-doctorats, dont deux en collaboration avec des partenaires internationaux. Le secteur de l'innovation a été marqué par la création du **living lab VégéConso** créé entre l'ESA-Grappe et les pôles de compétitivité Végépolys et Terralia, pour permettre aux entreprises de mieux intégrer le consommateur dans le processus d'innovation.

Les 12 et 13 Janvier 2015 se sont déroulées les **8^{èmes} Rencontres du Végétal** organisées par Agrocampus Ouest en partenariat avec l'INRA, le GEVES, l'ESA, l'Université d'Angers, et le pôle de compétitivité Végépolys sur le thème "Compétitivité et efficience des filières du végétal spécialisé : Quels leviers d'innovation variétaux, agronomiques, technologiques et organisationnels ?". Elles ont rassemblé 270 participants des secteurs de la recherche, de l'expérimentation et du développement. Parmi les autres colloques et séminaires organisés par des membres du pôle végétal en 2015, signalons les Rencontres francophones de la Qualité et de la Mesure, le carrefour de l'innovation agricole « "Ville à haute intensité écologique : la place du végétal", le séminaire sur la gestion des bioagresseurs émergents des cultures et le colloque « Fruit Structure ».

L'International Society for Horticultural Science, Végépolys et Angers Loire Tourisme, au nom des co-organisateurs, ont signé le 1er mai la **convention d'organisation du Congrès international d'Horticulture (IHC) de 2022**. Le Congrès international d'horticulture est le plus grand rassemblement des communautés scientifiques dans le domaine du végétal spécialisé. Il s'agira pour Angers d'accueillir plus de 3 000 congressistes venus de 70 pays.

Enfin, 15 étudiants, dont 10 étrangers, ont participé à la 1ère Summer school « Plant Science » de l'Université d'Angers.

Philippe Simoneau
Professeur Université d'Angers
Directeur SFR Quasav,

Elisabeth Chevreau,
Directrice de Recherche Inra
Directrice adjointe SFR Quasav



**Pôle recherche Végétal
SFR QUASAV et partenaires**

SOMMAIRE

Unités de la SFR

IRHS	
Equipe Arch-E	04
Equipe GDO	06
Equipe VadiPolm	07
Equipe ResPom	08
Equipe EcoFun	10
Equipe EmerSys	13
Equipe FungiSem	15
Equipe MitoStress	16
Equipe Concerto	17
IGEPP	
Equipe EGI	29
GRAPPE	31
LBPV	36
LEVA	38
RCIM	41
SONAS	43
UE HORTICOLE	44
UEVIGNE ET VIN	46

Unités hors SFR

EPHOR	47
GRANEM	52
PAYSAGE ET ECOLOGIE	54

Partenaires de la SFR

ANSES	56
GEVES	59
VEGEPOLYS	63

RFI Objectif Végétal	65
-----------------------------------	-----------

Plateaux techniques et plateforme de la SFR

ANAN	67
IMAC	68
PHENOTIC	70

Réponses architecturales et physiologiques de rosier buisson à la restriction hydrique

Objectif

Caractériser la réponse génotypique du rosier à la restriction hydrique au niveau architectural et physiologique.

Contexte

La forme globale de la plante est une composante majeure de la qualité visuelle des plantes d'ornement en pot et résulte de la construction architecturale de la plante, c'est-à-dire de la mise en place dans l'espace des différents organes aériens selon des règles d'organisation propres à chaque espèce. La forme de la plante peut ainsi être contrôlée par la voie génétique, via la création variétale, et/ou par le contrôle de l'environnement, via l'application de techniques culturales comme la modification du spectre lumineux, la stimulation mécanique ou la restriction hydrique. L'utilisation de ces techniques reste cependant empirique ; elle ne prend que très rarement en compte la diversité des réponses variétales (i.e. l'interaction Génotype x Environnement ; GxE). Une meilleure connaissance de l'interaction GxE permettrait de mieux raisonner le contrôle de la forme des plantes.

Résultats

Les réponses génotypiques de huit cultivars de rosier buisson ont donc été caractérisées pour l'alternance de périodes de restriction (-20hPa) et de confort hydrique (-10hPa). Elles ont été évaluées sur le plan architectural, par digitalisation 3D, et physiologique, par le dosage d'hormones, de sucres et de la proline. Une diminution de la croissance et de la ramification a été observée pour tous les génotypes, avec cependant deux groupes de réponses architecturales d'intensités différentes (i.e. interaction GxE) : modérée et forte, représentées respectivement par les cultivars cv 'Baipome' et cv 'The Fairy'. Cette différence de réponse s'expliquerait, pour 'Baipome' par rapport à 'The Fairy', par : (i) le maintien de l'activité photosynthétique et du débournement en période de restriction hydrique,

Modalité témoin



'The Fairy'

Modalité restriction hydrique



Réponse forte



'Baipome'



Réponse modérée

Réponses architecturales des cultivars 'The Fairy' et 'Baipome' à la restriction hydrique

probablement dû une production plus élevée en cytokinines et plus faible en acide salicylique ; (ii) la reprise du débournement en période de confort hydrique, probablement due à une production plus faible en acide abscissique.

Perspectives

Cette diversité de réponse variétale devra être prise en compte par l'horticulteur (choix de gammes variétales adaptées aux conditions de culture) pour un meilleur contrôle de la forme de la plante.

Partenaires

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE portée par l'Astredhor.

Bibliographie

■ Li-Marchetti C., Le Bras C., Relion D., Citerne S., Huché-Thélier L., Sakr S., Morel P., Crespel L. 2015. Genotypic differences in architectural and physiological responses to water restriction in rose bush. *Frontiers in Plant Science* 6:355

Contact

Laurent Crespel, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé Cédex

Mél : laurent.crespel@agrocampus-ouest.fr

Des voies de signalisation multiples contrôlent la ramification des plantes

Objectif

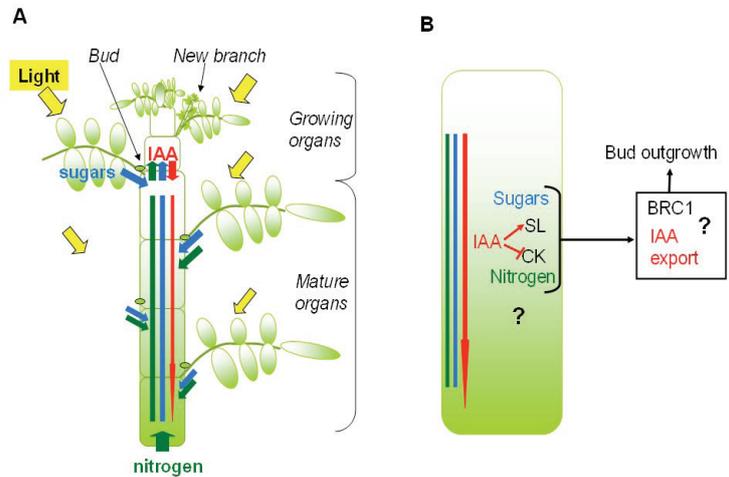
Le séquençage du génome, la transcriptomique et la modélisation élargissent à des plantes non-modèles (rosier, pois) la connaissance des mécanismes régulant la ramification. Nous avons participé à la rédaction d'une revue bibliographique pour faire le point sur cette thématique.

Contexte

La ramification des plantes cultivées contribue au rendement en fleurs, fruits et graines mais aussi à leur aspect visuel. Par son impact sur le microclimat, la densité de branches influence aussi le développement des agents pathogènes. Mieux comprendre les mécanismes qui contrôlent la ramification et leurs modulations par l'environnement contribue à la sélection et l'élaboration d'itinéraires culturaux pour la production de nouvelles formes végétales, tout en réduisant l'emploi de produits phytochimiques. Les travaux menés chez le rosier par l'équipe ARCH'E (Architecture et Environnement) de l'UMR IRHS vont dans ce sens. Cette revue invitée ainsi que trois autres (Leduc et al., 2014, Demotes et al., 2016, Huché-Théliér et al., 2016) contribuent à la reconnaissance internationale de l'équipe ARCH'E dans ce domaine.

Résultats

Dans cette revue, les interactions entre les différents acteurs qui contrôlent le débourrement et la ramification sont étudiées. Des signaux endogènes (hormonaux, sucres, floraison) mais aussi exogènes (notamment lumière, température) contrôlent ces processus et mettent en jeu de nombreux acteurs moléculaires. Au regard des études menées chez plusieurs espèces, la revue souligne le rôle d'intégrateurs majeurs de la ramification joués par le facteur de transcription BRC1/TBI (Branching) et le transport polarisé de l'auxine vers lesquels convergent ces signaux. D'autres voies indépendantes de ces deux intégrateurs existent toutefois.



La modélisation de la régulation des séquences spatiales et temporelles de débourrement sur une plante nécessite de (A) modéliser la distribution de la lumière, des sucres, de l'azote, et des hormones (dont l'auxine, NAA) pour une architecture de plante en croissance, et de (B) modéliser la réponse du bourgeon aux différents facteurs à son voisinage.

Perspectives

Si une partie des voies de régulation du débourrement a été identifiée, il reste encore difficile d'intégrer tous les mécanismes mis en jeu en un schéma spatio-temporel unique expliquant à la fois les interactions entre un bourgeon et l'environnement et celles ayant lieu entre les différents bourgeons d'une même plante. Une des clés réside sans doute dans la prise en compte des différents états d'un bourgeon (état dormant vers croissance soutenue) et leur réversibilité. La modélisation peut permettre d'organiser toutes les données acquises et de tester des hypothèses difficiles à vérifier par la voie plus classique de l'expérimentation sur plante.

Partenaires

Cette revue a fait l'objet d'une collaboration entre quatre équipes françaises spécialistes de la ramification : Institut Jean-Pierre Bourgin, INRA, AgroParisTech, UMR 1318, ERL CNRS 3559, Saclay Plant Sciences, Versailles; UMRI091 EGC, INRA, AgroParisTech, Thiverval-Grignon ; UMRI345 IRHS, SFR 4207 QUASAV, Beaucouzé (Equipes Arch-E et GDO).

Bibliographie

■ Rameau C., Bertheloot J., Leduc N., Andrieu B., Foucher F., Sakr S. 2015. Multiple pathways regulate shoot branching. *Frontiers in Plant Science* 5, 741

Contact

Nathalie Leduc, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé Cédex.
Mél : nathalie.leduc@univ-angers.fr

Une nouvelle voie de biosynthèse des monoterpènes chez la rose



© Tatiana Thouroude, INRA

de 'Old Blush', rose produisant du géraniol. Cette rose est l'un des parents du croisement qui nous a permis de caractériser le locus contrôlant la synthèse de géraniol chez la rose

Objectif

L'objectif de cette étude était de comprendre les bases génétiques et moléculaires de la synthèse des monoterpènes et plus particulièrement du géraniol, l'un des composés essentiels du parfum des roses.

Contexte

La rose est la fleur la plus vendue au monde (fleurs coupées, rosiers de jardin, potée fleurie). Composée de centaines de molécules odorantes, son parfum est utilisé depuis l'Antiquité par les parfumeurs et l'industrie de la cosmétique. L'odeur typique de rose est attribuée principalement aux molécules de la famille des monoterpènes (en particulier le géraniol). Jusqu'à présent, la synthèse des monoterpènes faisait intervenir des gènes de terpène synthases. Comment ces monoterpènes sont-ils synthétisés chez les roses et pourquoi certaines roses ne sont-elles pas parfumées ?

Résultats

Cette étude a permis de mettre en évidence, chez la rose, une nouvelle voie de biosynthèse de ces monoterpènes : celle-ci ne fait pas intervenir des terpènes synthases mais une enzyme appelée nudix hydrolase (*RhNUDX1*). Les enzymes de type nudix hydrolase étaient connues chez tous les êtres vivants mais n'avaient encore jamais été associées au parfum. Par exemple, chez *Arabidopsis*, une nudix hydrolase similaire intervient dans l'élimination des produits toxiques de la cellule lors d'un stress oxydatif, évitant ainsi des dommages génétiques. Les scientifiques ont également montré que les roses non parfumées n'expriment pas le gène *RhNUDX1*.

L'UMR IRHS a démontré que *RhNUDX1* colocalise avec un QTL (Quantitative Trait Loci) pour la production de géraniol en utilisant une descendance FI issue du croisement entre 'Old Blush' et *R. wichurana*, développée par l'équipe GDO de l'UMR.

Perspectives

A terme, ces résultats devraient permettre de comprendre quelle est l'origine du parfum de la rose, et en particulier de savoir si la fonction spécifique de *RhNUDX1* est apparue au cours de la domestication de cette plante ou de manière plus ancienne au cours de l'évolution. De plus, ces travaux permettent d'expliquer pourquoi de nombreuses roses sont dépourvues de parfum (le plus souvent les roses coupées, destinées au bouquet) : ces fleurs n'expriment pas *RhNUDX1*. La découverte de ce gène permet d'envisager la possibilité de l'utiliser comme marqueur pour la sélection de roses parfumées.

Partenaires

Laboratoire Biotechnologies Végétales appliquées aux plantes aromatiques et médicinales (Université Jean Monnet, Saint-Etienne)
UMR Santé de la Vigne et Qualité du Vin (INRA, Université de Strasbourg)
Unité de Reproduction et Développement des plantes (INRA, CNRS, ENS Lyon et UCB Lyon 1).

Bibliographie

■ Magnard J.L., Rocchia A., Caissard J.C., Vergne P., Sun P., Hecquet R., Dubois A., Hibrand-Saint Oyant L., Jullien F., Nicolè F., Raymond O., Huguet S., Baltenweck R., Meyer S., Claudel P., Jeauffre J., Rohmer M., Foucher F., Hugueney P., Bendahmane M., Baudino S., 2015. Biosynthesis of monoterpene scent compounds in roses. *Science*, 349 : 81-83

Contact

Fabrice Foucher, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucozédé Cédex
Mél : Fabrice.Foucher@inra.fr

De nouvelles variétés dans nos rayons de fruits



*STORY® (Inored cov.),
une nouvelle variété de pommier,
co-obtention INRA-Novadi*



*MIGO® (Cepuna cov.),
une nouvelle variété de poirier,
co-obtention INRA-CEP Innovation*

Objectif

Le Département BAP de l'INRA participe à l'effort de recherche visant à créer des variétés et/ou des géniteurs durablement résistants aux principaux bioagresseurs du pommier et du poirier.

Contexte

La plupart des variétés de pommes et de poires sont sensibles ou très sensibles aux bioagresseurs (tavelure, feu bactérien et pucerons pour le pommier; tavelure, feu bactérien et psylle pour le poirier). Les producteurs de fruits ont également à faire face à des problématiques de productivité et de taille de fruits s'ils veulent pouvoir dégager un revenu suffisant sur leur exploitation.

L'INRA s'implique donc dans la construction de géniteurs et de variétés productifs, de bonne qualité et durablement résistants (ou moins sensibles) à ces bioagresseurs. Ceci passe par une caractérisation de nos hybrides et de nos ressources génétiques et scientifiques ainsi que par la réalisation de croisements choisis afin de cumuler l'ensemble des qualités recherchées.

Résultats

STORY® (Inored cov.) est une nouvelle variété de pommier; première co-obtention INRA-Novadi porteuse, a minima, d'un gène de résistance à la tavelure. Cet arbre répond aux exigences de productivité et de facilité d'exploitation et porte des fruits très attrayants, entièrement rouges et d'un bon calibre homogène. Le fruit a une très bonne tenue en chambre froide. L'observation de brunissement interne en conservation nous pousse à préconiser cette variété dans le pourtour méditerranéen où elle connaît un succès qui semble prometteur.

MIGO® (Cepuna cov.) est une variété de poirier, première co-obtention INRA-CEP Innovation. La variété se récolte début décembre et présente l'avantage d'être partiellement résistante au feu bactérien. Sa forte productivité et le calibre régulier de ses fruits font de cette variété une réelle alternative à Conférence. Le fruit, juteux et sucré avec de légers arômes, présente une texture mi-fine. Malgré sa relative sensibilité à la tavelure, la variété est en forte expansion en Belgique et aux Pays-Bas.

Perspectives

D'autres variétés de pommier sont en cours de développement : GARANCE® (Lespin cov.) et MANDY® (Inolov cov.).

Les programmes de création variétale se poursuivent en collaboration avec nos partenaires; l'implication de l'INRA est amenée, à terme, à s'orienter de plus en plus vers la création de géniteurs.

Partenaires

Nos partenaires sont les pépiniéristes de Novadi et de CEP Innovation qui soutiennent respectivement depuis 1997 et depuis 2003 les programmes de création variétale en pommier et poirier.

Contact

François Laurens, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé Cedex
Mél: francois.laurens@inra.fr

Résistances génétiques du poirier aux bio-agresseurs

Objectif

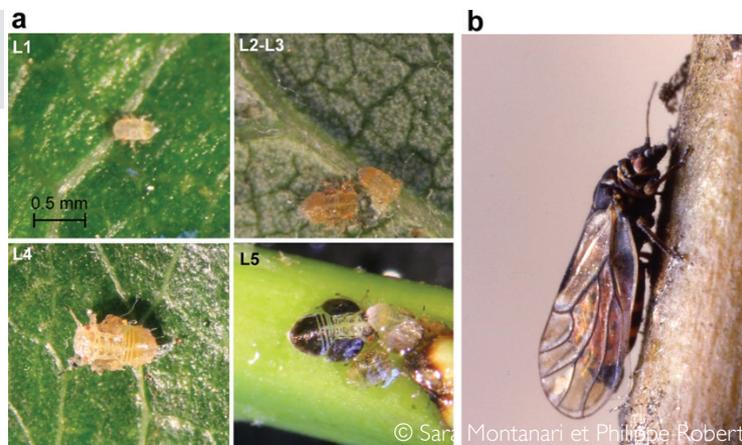
L'objectif est de comprendre le déterminisme génétique de la résistance du poirier vis-à-vis du psylle et de la tavelure afin d'aider à la sélection de variétés multirésistantes via la sélection assistée par marqueurs (SAM).

Contexte

Le champignon *Venturia pirina*, responsable de la tavelure, et le psylle *Cacopsylla pyri*, insecte ravageur, sont deux des principaux bio-agresseurs du poirier. Suite à l'utilisation massive de certains produits phytopharmaceutiques, le psylle a développé des résistances. De plus, très peu de variétés de poirier sont résistantes à la tavelure. La résistance aux parasites est donc un objectif majeur des programmes de sélection du poirier.

Résultats

Une carte génétique a été réalisée sur une première descendance de poirier interspécifique (poirier asiatique x poirier européen) pour l'étude de la résistance au psylle. Trois autres descendances ont aussi été cartographiées pour la résistance à la tavelure. Ces descendances ont, en parallèle, été évaluées en serre pour leur résistance vis-à-vis du psylle (dénombrement d'œufs et de larves après infestation) ou de la tavelure (quantification de la sporulation après inoculation). Les analyses statistiques nous ont alors permis de détecter six nouveaux facteurs de résistance répartis sur différents chromosomes du poirier vis-à-vis de l'un ou l'autre de ces bio-agresseurs. Certains de ces facteurs sont localisés dans des régions du génome du poirier correspondant à des régions synténiques du génome du pommier pour lesquelles d'autres facteurs de résistance ont été identifiés, comme des facteurs de résistance à la tavelure et aux pucerons. De plus, des individus cumulant les allèles favorables des deux principaux facteurs de résistance à la tavelure ont été retenus par sélection assistée par marqueurs (SAM) dans une des descendances issue du croisement entre deux génotypes de poirier résistants.



Stades de développement du psylle :

(a) cinq stades larvaires se succèdent avant le stade adulte ou imago
(b) Les larves ont été dénombrées sur chaque pousse de poirier à la loupe binoculaire.

Perspectives

Ces travaux fournissent des marqueurs génétiques qui vont être utiles pour poursuivre la SAM chez le poirier. Ils permettent d'envisager le cumul de plusieurs facteurs de résistance dans le cadre de la création de nouvelles variétés de poirier multirésistantes. La séquence du génome du pommier, ainsi que le séquençage en cours du génome du poirier vont nous permettre d'explorer plus finement la synténie pommier-poirier pour les facteurs de résistance aux bio-agresseurs. Enfin l'annotation fonctionnelle du génome du poirier facilitera la compréhension de ces mécanismes de résistance et ce dans l'objectif d'une amélioration variétale plus efficace et raisonnée en matière de choix des facteurs de résistance cumulés.

Partenaires

Collaboration avec les équipes de T. Yamamoto (NARO – National Agriculture and Food Research Organization, Japon), R. Velasco (FEM – Fondation Edmund Mach, Italie) et D. Chagné (PFR – Plant and Food Research, Nouvelle-Zélande)

Projet jeune chercheur "SyntéPoirPom" de l'Université d'Angers. Le travail sur le psylle a été réalisé dans le cadre de la thèse de Sara Montanari. Ce projet a bénéficié de l'appui technique des plateaux ANAN et INEM de la SFR QUASAV, de la plateforme Gentyane et de l'UE Horti.

Bibliographie

- Montanari S., 2015. Identification and mapping of genomic regions controlling fire blight and psylla resistance and hybrid necrosis in pear. Thèse Université d'Angers, 308 p
- Perchepped L., Leforestier D., Ravon E., Guérif P., Denancé C., Tellier M., Terakami S., Yamamoto T., Chevalier M., Lespinasse Y., Durel C. E., 2015. Genetic mapping and pyramiding of two new pear scab resistance QTLs. *Molecular Breeding*, 35(10).
- Montanari S., Guérif P., Ravon E., Denancé C., Muranty H., Velasco R., Chagné D., Bus V.G.M., Robert P., Perchepped L., Durel C.E., 2015. Genetic mapping of *Cacopsylla pyri* resistance in an interspecific pear (*Pyrus* spp.) population. *Tree Genetics and Genomes* 11:74.

Contact

Laure Perchepped, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex
Mél : laure.perchepped@inra.fr

Sélection génomique pour des caractères clé chez le pommier

Objectif

Evaluer la précision de prédiction et la réponse à la sélection dans la mise en œuvre de la sélection génomique dans des programmes d'amélioration du pommier pour des caractères d'importance agronomique phénotypés en verger.

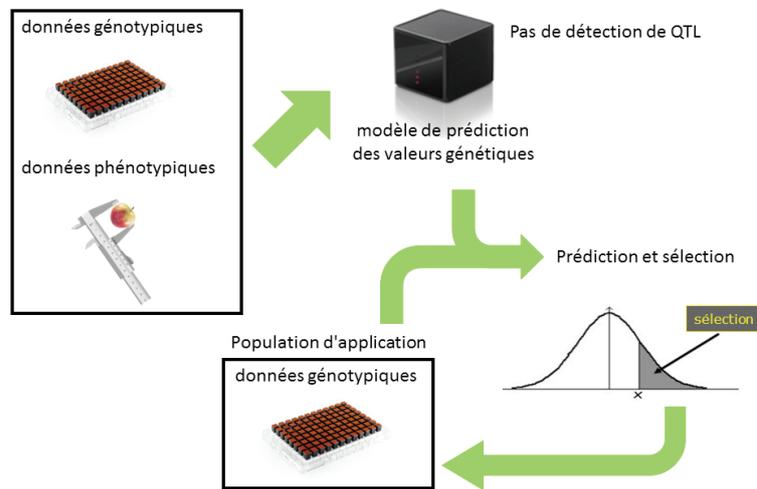
Contexte

L'utilisation des marqueurs moléculaires devrait permettre d'augmenter l'efficacité de la sélection chez les arbres fruitiers par une identification des individus d'intérêt issus de croisements dès leur plus jeune âge. Cependant, les stratégies de sélection assistée par marqueurs (SAM) utilisées jusqu'à récemment ne concernaient que quelques gènes d'effet majeur et se révélaient inefficaces pour sélectionner des caractères contrôlés par un grand nombre de gènes d'effet mineur. La sélection génomique (SG) est une nouvelle approche de SAM dans laquelle des données de génotypage sur l'ensemble du génome permettent de prédire les valeurs génétiques des individus étudiés. L'applicabilité et l'efficacité de la SG dans des schémas proches de ceux utilisés par les sélectionneurs doivent être étudiées.

Résultats

Une population d'entraînement composée de 20 familles (individus pleins-frères) plus ou moins apparentées et pour laquelle étaient disponibles des données de génotypage pour 7829 marqueurs SNP et des données de phénotypage pour des caractères de production et d'apparence du fruit a permis de construire un modèle de prédiction génomique. Ce modèle a été appliqué à 1390 individus issus de cinq familles de pleins-frères produites par deux sélectionneurs de pommier. Les familles d'application ont été génotypées pour 364 SNP et ces données ont été étendues en haute densité par imputation. Les familles d'application ont été phénotypées une année et les phénotypes ont été comparés aux valeurs génétiques prédites. La corrélation entre les valeurs phénotypiques et les valeurs génétiques prédites reflète la précision de la prédiction. Les valeurs maximale et médiane de cette corrélation étaient relativement modérées (0,5 et 0,19, respectivement). Ces valeurs étaient fortement influencées par la

Population d'entraînement



Principe de la sélection génomique, une sélection assistée par marqueurs à l'échelle du génome entier

distribution et l'héritabilité des caractères. L'écart entre les meilleurs individus prédits et les plus mauvais a aussi permis d'évaluer la réponse à la sélection dans la plus grande famille. Cette réponse était significative seulement pour les caractères très héritables et à distribution symétrique.

Perspectives

Ces résultats montrent le potentiel de la sélection génomique pour accélérer le progrès génétique chez les arbres fruitiers qui est freiné par un long intervalle de génération et par des coûts de phénotypage importants. La population d'entraînement utilisée dans cette étude semble adaptée pour prédire des valeurs génétiques de nombreux croisements des programmes d'amélioration du pommier en Europe et sélectionner des individus avant leur phénotypage. En effet, elle dérive des principales variétés fondatrices des populations d'amélioration actuelles. Cependant, elle devra évoluer vers une plus grande taille et une plus grande diversité en incluant par exemple des individus génotypés et phénotypés issus des programmes d'amélioration.

Partenaires

Partenaires scientifiques: Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige, Italie; Wageningen University and Research Center, Pays-Bas; Padova University, Italie, Plant and Food Research, Nouvelle Zélande
Partenaires professionnels: Better3Fruit, Belgique; Novadi, France.
Financement: projet européen FruitBreedomics (No. 265582)

Bibliographie

■ Muranty H., Troggio M., Ben Sadok I., Rifai M.A., Auwerkerken A., Banchi E., Velasco R., Stevanato P., van de Weg W.E., Di Guardo M., Kumar S., Laurens F., Bink M. C. A. M. 2015. Accuracy and responses of genomic selection on key traits in apple breeding. Horticulture Research 2: 15060.

Contact

Hélène Muranty, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex
Mél : Helene.Muranty@inra.fr

Virulence du champignon face à la résistance du pommier

Objectif

Notre objectif était de caractériser une gamme de souches de *Venturia inaequalis* pour leurs virulences vis-à-vis d'une gamme d'hôtes appartenant au genre *Malus* et possédant différents gènes de résistance majeurs. Ces souches ont été échantillonnées sur 14 génotypes de pommier dans 8 pays différents.

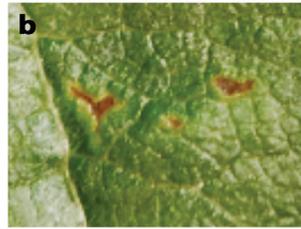
Contexte

La tavelure, causée par le champignon *Venturia inaequalis*, est l'une des principales maladies du pommier (*Malus x domestica*), et nécessite 10 à 20 traitements fongicides par an pour un contrôle efficace. Pour réduire l'usage des fongicides grâce à l'utilisation de variétés résistantes, il est indispensable de créer de nouvelles variétés, possédant de nouveaux gènes de résistance ou des combinaisons de gènes. Pour cela, les sélectionneurs ont besoin à la fois d'une gamme d'hôtes possédant les gènes de résistance connus ainsi qu'une gamme de souches de *V. inaequalis* caractérisées pour leurs virulences.

Résultats

Nous avons inoculé en conditions contrôlées 23 souches de *V. inaequalis* sur 14 de ces hôtes (i.e. génotypes de *M. x domestica* ou d'autres *Malus* apparentés possédant chacun un gène de résistance majeur différent). A partir de l'observation des symptômes de maladie ou de résistance, nous avons défini le caractère avirulent ou virulent de chaque souche sur chaque hôte. Une souche avirulente entraîne des symptômes de résistance, avec absence ou peu de sporulation. Une souche virulente n'induit pas de symptôme de résistance et produit une sporulation abondante. Nous avons trouvé 3 hôtes résistants à l'ensemble des souches de la gamme. Pour les autres hôtes testés, il existe au moins une souche virulente. Nous avons observé 16 combinaisons de virulences différentes, les souches multivirulentes pouvant présenter jusqu'à 6 virulences.

Symptômes de résistance



© Tifenn Kerdraon (a, b) Valérie Caffier (c, d)

Symptômes de maladie



Symptômes de résistance a) pin-points b) nécroses c) chloroses et
symptômes de maladie d) sporulation du champignon

Perspectives

Cette gamme de souches servira de référence internationale pour étudier les interactions pommier x *Venturia inaequalis* et permettra l'identification de nouveaux gènes de résistance à la tavelure chez le pommier. Ces souches de référence sont disponibles sur demande auprès de l'INRA (UMR IRHS, équipe EcoFun, Angers, France).

Partenaires

Ces résultats ont été obtenus grâce à une collaboration internationale entre la France (INRA, UMR IRHS, équipes EcoFun et ResPom), la Nouvelle-Zélande (PFR), la Suisse (Agroscope et ETHZ), et les Pays-Bas (Université de Wageningen). Ils ont été partiellement financés par "New Zealand Foundation for Research, Science & Technology (contract C06X0810)" et par "Plant & Food Research Pipfruit Core programme 1433".

Bibliographie

■ Caffier V., Patocchi A., Expert P., Bellanger M.-N., Durel C.-E., Hilber-Bodmer M., Broggin G. A. L., Groenwold, R., Bus, V. G. M. 2015. Virulence characterization of *Venturia inaequalis* reference isolates on the differential set of *Malus* hosts. *Plant Disease*, 99: 370-375.

Contact

Valérie Caffier, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel,
49071 Beaucouzé cedex
Mél : valerie.caffier@inra.fr

Comment gérer de manière durable les QTLs de résistance ?

Objectif

L'objectif de cette étude était d'estimer la vitesse d'adaptation des agents pathogènes aux résistances partielles (QTLs) des plantes

Contexte

La résistance quantitative des plantes aux maladies est censée être plus durable que la résistance qualitative, car elle exerce une pression de sélection moins sélective sur les agents pathogènes. Cependant, le processus d'adaptation progressive des populations d'agent pathogène à la résistance quantitative est mal connu, il est donc difficile de prédire sa durabilité ou de tirer des principes pour son déploiement durable. Nous avons construit un modèle mathématique pour étudier la dynamique adaptative des agents pathogènes en réponse à la résistance quantitative affectant le taux de reproduction de l'agent pathogène et de sa capacité de colonisation.

Résultats

Notre modèle suggère qu'une combinaison de QTLs affectant des traits de vie distincts de l'agent pathogène est plus durable si la restauration des traits réprimés est antagoniste. Afin de ralentir l'adaptation progressive des pathogènes, nous montrons qu'il faut combiner les QTLs qui diminuent la capacité des agents pathogènes à coloniser à des QTLs qui diminuent la production de spores ou qui augmentent le temps de latence. Notre cadre théorique peut aider les sélectionneurs à développer des principes pour le déploiement durable des QTLs.

Perspectives

Notre modèle peut s'appliquer à toute situation dans laquelle des individus évoluent en permanence afin de s'adapter à un environnement qui réprime leur fitness à la suite, par exemple, du changement climatique.

Partenaires

Ces résultats ont été obtenus grâce à une collaboration nationale entre l'UMR IRHS et le LAREMA (Université d'Angers).

Le financement du projet a bénéficié de l'aide de la Région Pays de la Loire (projet MODEMAVE), du métaprogramme INRA SMaCH (Sustainable Management of Crop Health, action-clé PRESUME, Plant Resistance Sustainable Mangement), et du département SPE de l'INRA.

Bibliographie

■ Bourget R., Chaumont L., Durel Ch.-E., and N. Sapoukhina. 2015. Sustainable deployment of QTLs conferring quantitative resistance to crops: first lessons from a stochastic model. *New Phytologist* 206: 1163-1171.

Contact

Natalia Sapoukhina, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cédex
Mél : natalia.sapoukhina@inra.fr

La stratégie du Cheval de Troie : Un nouveau scénario d'émergence de virulence en agriculture



© B. Le Cam, INRA

Symptômes de tavelure sur pomme,
dûs au champignon *Venturia Inaequalis*

Objectif

Comprendre pourquoi les gènes de résistances des plantes aux maladies perdent si rapidement leur efficacité une fois utilisés dans les cultures est essentiel pour gérer les résistances des plantes.

Contexte

Le gène de résistance du pommier à la tavelure *Rvi6*, dont le géniteur est le pommier ornemental *Malus floribunda*, est le plus utilisé dans les programmes de sélection et confère la résistance à de nombreuses variétés (ex Ariane). Cependant il a été rapidement contourné dans les vergers dans les années 2000. Il était donc pertinent d'identifier la source de la virulence.

Résultats

Notre étude a porté sur des populations de *V. inaequalis* échantillonnées dans des vergers européens sur des variétés portant ou ne portant pas le gène de résistance *Rvi6*, sur le géniteur de *Rvi6* *M. floribunda* et sur *M. sieversii*, l'ancêtre du pommier cultivé présent à l'état sauvage en Asie Centrale (Kazakhstan, Chine). Au total 821 souches ont été génotypées à l'aide de marqueurs microsatellites. Nous montrons que les souches virulentes appartiennent à une population qui préexistait avant même l'introduction des variétés portant le gène *Rvi6* dans les vergers européens. Cette population identifiée sur *M. floribunda* aurait divergé des populations présentes en vergers depuis plus de 20 000 ans. C'est donc très certainement l'introduction du gène de résistance *Rvi6* dans les vergers qui, tel un Cheval de Troie, a permis à cette population virulente de s'y introduire. En l'absence de concurrence avec les populations locales avirulentes vis-à-vis du gène *Rvi6*, cette population exogène a donc pu contaminer et s'installer dans l'ensemble des vergers européens constitués de variétés portant le gène *Rvi6*.

Perspectives

Le scénario admis pour expliquer la perte d'efficacité au champ repose sur une adaptation rapide des agents pathogènes une fois les variétés résistantes déployées. Nous révélons ici un autre scénario démo-génétique -Scénario du Cheval de Troie- et alertons sur les risques épidémiologiques encourus par l'introduction dans le compartiment cultivé d'une population sauvage divergente. Nous posons donc sous un angle nouveau la question de la gestion durable des résistances dans un contexte où les virulences peuvent préexister au sein de populations infectant les sources de résistances.

Partenaires

Department of Plant Pathology, Institute of Horticulture, Pologne ; Department of Food Science, Aarhus University, Danemark

Ces travaux ont bénéficié de financements du Département SPE, de la Région Pays de La Loire et de l'ANR (projet EMERFUNDIS : Etude sur l'émergence des champignons phytopathogènes)

Bibliographie

■ Lemaire C, De Gracia M, Leroy T, Michalecka M, Lindhard Pedersen H, Guerin F, Gladioux P, Le Cam B. 2015. Emergence of new virulent populations of apple scab from non-agricultural disease reservoirs. *New Phytologist* 209, 1220–1229. DOI: 10.1111/nph.13658

Contact

Bruno Le Cam, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé Cédex
Mél : bruno.le-cam@inra.fr

Introduction en Europe de *Xylella fastidiosa* par des caféiers

Objectif

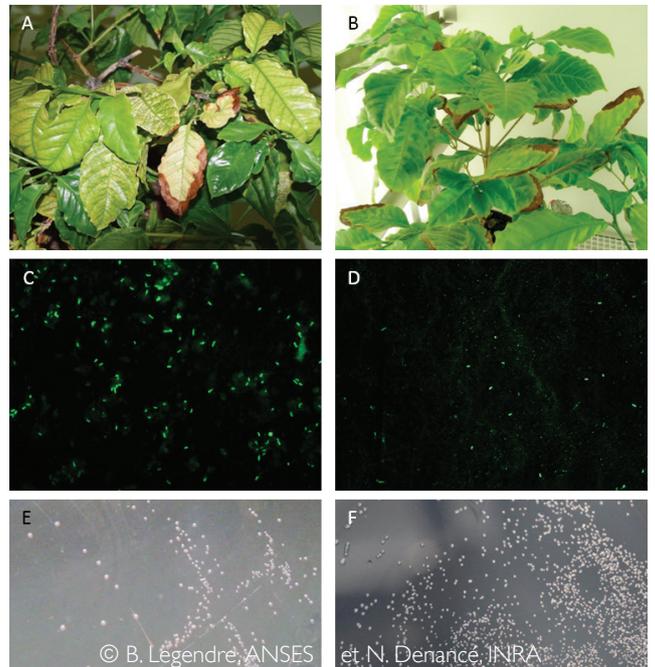
Nos objectifs étaient de caractériser des souches de *Xylella fastidiosa* isolées de caféiers contaminés, les positionner dans la phylogénie de cette espèce et rechercher des marqueurs de l'adaptation au caféier.

Contexte

X. fastidiosa est une bactérie phytopathogène bien connue aux Amériques pour les dégâts qu'elle occasionne sur la vigne aux États-Unis et sur l'oranger au Brésil. Une souche de cette bactérie a récemment été introduite dans les Pouilles au Sud de l'Italie où elle occasionne des dégâts importants sur olivier. Cette bactérie est réglementée en Europe en étant sur la liste des organismes nuisibles de quarantaine et à ce titre il y a obligation de lutter contre cet agent pathogène. Cette bactérie a été identifiée en 2012 dans des plants de caféier arabica et robusta importés en France à partir d'Amérique latine à des fins de multiplication par un industriel. Les plants contaminés ont été détruits ou conservés à des fins de recherche, et le foyer infectieux ainsi éradiqué.

Résultats

Le typage des souches de *X. fastidiosa* isolées des plants de caféier importé du Mexique et d'Equateur par analyse multiloci (sept gènes de ménage) a révélé qu'elles étaient génétiquement diverses, phylogénétiquement positionnées à la limite de sous-espèces décrites (*X. fastidiosa* subsp. *fastidiosalsandyi* et *X. fastidiosa* subsp. *pauca*) et qu'elles présentaient de nouvelles séquences pour deux des sept loci analysés, signalant des événements de recombinaison génétique. Une souche groupe avec d'autres souches de *X. fastidiosa* isolées de caféier au Costa-Rica à la limite des sous-espèces *fastidiosa* et *sandyi* et deux autres souches groupent à proximité de souches pathogènes sur caféier au Brésil à la limite de la sous-espèce *pauca*, en étant cependant assez divergentes. L'analyse de leur séquence génomique montre par ailleurs que ces souches contaminant le caféier, bien qu'étant phylogénétiquement diverses, présentent des allèles particuliers pour certains gènes, preuve d'une adaptation à cet hôte. Ces travaux confirment l'importance de la recombinaison chez cette bactérie comme moteur évolutif et améliorent notre connaissance de la diversité de cet agent pathogène émergent en Europe.



© B. Légendre, ANSES et N. Denancé, INRA
Symptômes de brûlures foliaires observés sur caféiers (*Coffea arabica* en A et *Coffea canephora* en B), observation des cellules de *X. fastidiosa* en immunofluorescence (C, D) et colonies sur milieux gélosés PWG (E) et B-CYE (F).

Perspectives

D'autres souches de *X. fastidiosa* ont été isolées de caféiers contaminés interceptés en Europe et *X. fastidiosa* a été identifiée en milieu naturel en France en 2015. Les compétences acquises et outils développés dans cette analyse sont désormais mis à profit pour caractériser ces nouvelles souches. Par ailleurs, un travail a été engagé début 2015 dans le cadre du projet SapAlien financé par le programme RFI Objectif végétal pour déterminer la gamme d'hôte d'un panel de souches sur un panel de plantes indicatrices et de plantes d'intérêt pour les productions végétales des Pays de la Loire. Parallèlement aux travaux de génomique qui sont en cours, nous visons l'identification de marqueurs de la gamme d'hôte pour mettre en place des mesures préventives de lutte contre cet envahisseur.

Partenaires

Ce travail est issu d'une collaboration étroite entre l'équipe EmerSys de l'UMR IRHS, le LSV de l'ANSES et Nestlé. Le projet SapAlien engagé depuis 2015 est conduit en collaboration entre l'équipe EmerSys de l'UMR IRHS et le LSV de l'ANSES.

Bibliographie

Jacques, M.-A., Denancé, N., Legendre, B., Morel, E., Briand, M., Mississippi, S., Durand, K., Olivier, V., Portier, P., Poliakoff, F., & Crouzillat, D. 2016. New Coffee Plant-Infecting *Xylella fastidiosa* Variants Derived via Homologous Recombination. Applied Environmental Microbiology, 82 : 1556-1568

Contact

Marie-Agnès Jacques, UMR IRHS, 42, rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex
Mél : marie-agnes.jacques@inra.fr

Des clones épidémiques responsables des bactérioses des arbres fruitiers

Objectif

Décrire la structure génétique de *Xanthomonas arboricola*, espèce bactérienne composée de neuf pathovars (division de l'espèce qui regroupe les souches responsable d'une même maladie sur une même hôte) et de souches au pouvoir pathogène mal défini.

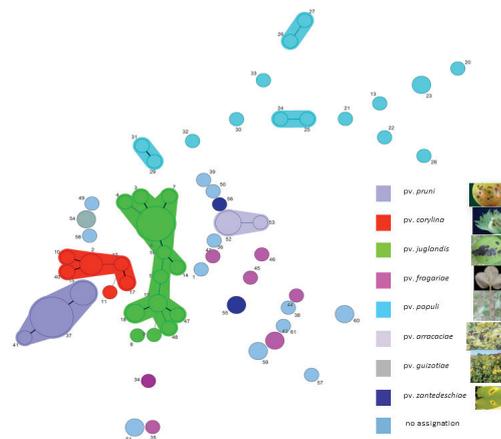
Contexte

X. arboricola regroupe des agents responsables de bactérioses des arbres fruitiers à coque et à noyau (pv. *pruni*, pv. *corylina* et pv. *juglandis*). Les trois pathovars les plus agressifs de cette espèce sont responsables d'émergences récentes dans de nombreux pays se traduisant par d'importantes pertes économiques. Par ailleurs, des études de phylogénie moléculaire ont montré que des souches isolées d'hôtes variés et au pouvoir pathogène mal ou non défini, se classaient aussi dans cette espèce. Afin d'évaluer le rôle de l'adaptation à l'hôte dans la structuration de l'espèce et de disposer de données moléculaires pour une identification fiable des agents pathogènes, la structure génétique de *X. arboricola* a été étudiée à l'aide du séquençage partiel de sept gènes de ménage (MultiLocus Sequence Typing, MLST).

Résultats

Nous avons montré que la plupart des pathovars forment des clades monophylétiques ce qui traduit l'importance de la spécialisation d'hôte dans la structuration des populations pathogènes. Les trois pathovars agressifs au spectre d'hôte étroit constituent trois clones épidémiques à la distribution mondiale et sévissant depuis parfois plus de 50 ans. A l'inverse les souches sans pouvoir pathogène avéré ne se structurent pas en fonction de leur hôte d'isolement et sont très polymorphes. Ce résultat a été confirmé par l'étude d'une importante collection de souches isolées de bourgeons de noyers, montrant la coexistence dans cette espèce de souches pathogènes et non-pathogènes génétiquement différentes. Une analyse de génomique comparative de quatre de ces souches a mis en évidence certains mécanismes de pathoadaptation comme l'acquisition de gènes de résistance au cuivre.

© Marion Fischer-Le Saux, INRA



Structure génétique de *Xanthomonas arboricola*. Chaque cercle représente un haplotype dont la fréquence est corrélée à la taille du cercle. Les cercles reliés entre eux et surlignés d'une même couleur représentent des complexes clonaux

Perspectives

Ces résultats suggèrent que *X. arboricola* aurait une structure de population épidémique et que les trois pathovars agressifs des arbres fruitiers à coque et à noyau auraient une origine commune. Afin de tester ces hypothèses, une étude de génétique des populations incluant toute la diversité connue est en cours.

Partenaires

Partenaires financiers : Région Pays de la Loire ; INRA département SPE ; Direction Générale de l'Armement ; SFR Quasav

Partenaires techniques : CIRM-CFBP (Centre International de Ressources Microbiennes-Collection Française des Bactéries associées aux Plantes), UMR IRHS, Beaucouzé, France ; INEM (installations expérimentales mutualisées), UMR IRHS, Beaucouzé, France ; ANAN (plate-forme d'analyses des acides nucléiques), UMR IRHS, Beaucouzé.

Bibliographie

- Fischer-Le Saux M., Bonneau S., Essakhi S., Manceau C., Jacques M.-A. 2015. Aggressive emerging pathovars of *Xanthomonas arboricola* represent widespread epidemic clones distinct from poorly pathogenic strains, as revealed by multilocus sequence typing. *Applied Environmental Microbiology* 81:4651-4668
- Essakhi S., Cesbron S., Fischer-Le Saux M., Bonneau S., Jacques M.-A., Manceau C. 2015. Phylogenetic and variable-number tandem-repeat analyses identify nonpathogenic *Xanthomonas arboricola* lineages lacking the canonical type III secretion system. *Applied Environmental Microbiology* 81:5395-5410.
- Cesbron S., Briand M., Essakhi S., Gironde S., Bourreau T., Manceau C., Fischer-Le Saux M., Jacques M.-A. 2015. Comparative genomics of pathogenic and nonpathogenic strains of *Xanthomonas arboricola* unveils molecular and evolutionary events linked to pathoadaptation. *Frontiers in Plant Science* 6. 1126

Contact

Marion Le Saux, UMR IRHS, 42, rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex
Mél : marion.le-saux@inra.fr

Réponse adaptative aux isothiocyanates chez *Alternaria brassicicola*



Expression de la protéine AbAPI fusionnée à la GFP (fluorescence verte) en absence d'ITC (photos du haut) et en présence d'ITC (photos du bas). Les noyaux des cellules sont marqués par la protéine mCherry-NLS (fluorescence rouge). Co-localisation des signaux de fluorescence (photos de droite).

Objectif

Comprendre comment un champignon pathogène nécrotrophe parvient à se protéger contre les défenses de la plante hôte et identifier les mécanismes adaptatifs mis en jeu.

Contexte

Les glucosinolates sont des métabolites secondaires présents chez les plantes de la famille des Brassicacées qui peuvent être considérés comme un véritable bouclier chimique contre les bioagresseurs. En effet, lors des agressions biotiques ces composés se dégradent pour générer plusieurs métabolites toxiques dont les isothiocyanates (ITC). Les champignons nécrotrophes pathogènes des Brassicacées, comme *Alternaria brassicicola*, l'agent de la maladie des taches noires, sont de ce fait exposés à des quantités massives d'ITC lors de l'invasion des tissus hôtes. Pour réaliser avec succès leur cycle infectieux, ils doivent être capables de s'adapter à un tel microenvironnement toxique. Nous avons entrepris d'étudier les mécanismes cellulaires caractérisant une telle réponse adaptative chez cette espèce fongique.

Résultats

Le suivi des cinétiques de croissance d'*A. brassicicola* exposé à des doses croissantes d'ITC montre que la sensibilité du champignon est caractérisée par un allongement de la phase de latence précédant l'entrée en croissance exponentielle. Durant cette phase, les cellules fongiques exposées aux ITC accumulent des formes actives d'oxygène. En parallèle, une disruption du potentiel membranaire mitochondrial est observée ainsi qu'une forte diminution de la respiration. L'exposition du champignon aux ITC a pour conséquence l'activation de deux protéines régulatrices, AbHog1 et AbAPI, qui migrent alors vers le noyau pour permettre l'expression de plusieurs gènes codant des protéines de réponse à des stress oxydatifs, dont cinq glutathion S-transférase (GST) que nous avons étudiées plus finement. Deux d'entre elles (appartenant aux classes Ure2pB et GSTO) sont impliquées à la fois dans la tolérance aux ITC et dans le pouvoir pathogène du champignon. En

utilisant des mutants déficients pour l'une ou l'autre des deux protéines régulatrices AbHog1 et AbAPI, nous avons montré que l'activation de ces deux voies complémentaires de réponse au stress oxydatif était indispensable pour qu'*A. brassicicola* puisse survivre en présence d'ITC et se développer au sein des tissus hôtes colonisés.

Perspectives

La compréhension à la fois du mode d'action des ITC sur les cellules fongiques et des mécanismes de protection que le champignon utilise pour s'adapter à leur toxicité, permet d'envisager l'élaboration de nouvelles stratégies de lutte visant à inhiber la réponse adaptative de l'agent pathogène afin de rendre plus sensible aux composés de défense de la plante hôte.

Partenaires

Ce travail a été conduit en collaboration avec l'équipe Mitostress de l'UMR IRHS et avec l'UMR Interactions Arbres-Microorganismes de Nancy. Les observations au microscope laser à balayage ont été réalisées sur le plateau IMAC de la SFR QUASAV

Bibliographie

- Calmes B., Morel-L-Rouhier M., Bataille-Simoneau N., Gelhaye E., Guillemette T., Simoneau P. 2015. Characterization of *Alternaria brassicicola* Glutathione transferases involved in protection against Brassicaceae defenses metabolites. BMC Microbiology 8: 16-29.
- Calmes B., N'Guyen G., Dumur J., Agusti-Brisach C., Champion C., Iacomi-Vasilescu B., Pigne S., Dias E., Macherel D., Guillemette T., Simoneau P. 2015. Glucosinolate-derived isothiocyanates impact mitochondrial function in fungal cells and elicit an oxidative stress response necessary for growth recovery. Frontiers in Plant Science 6: 414.

Contact

Philippe Simoneau, UMR IRHS, 42, rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex
Mél : philippe.simoneau@univ-angers.fr

Variabilité de deux protéines mitochondriales chez le pois

Objectif

La présence de LEAM et HSP22, deux protéines mitochondriales, a été étudiée dans les graines de 89 génotypes de pois, afin de préciser leur importance dans la tolérance aux stress des semences et d'identifier des variants génétiques.

Contexte

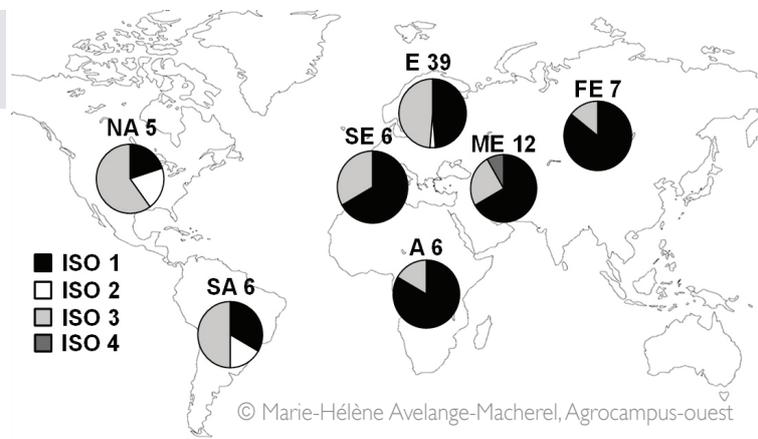
Les semences doivent posséder des capacités de résistance aux stress en fin de leur développement, au cours de leur stockage et pendant les premières phases de la germination. Leurs mitochondries s'avèrent particulièrement performantes en conditions extrêmes, et chez le pois cultivar Baccara, les protéines de stress LEAM (protéine de type LEA, late embryogenesis abundant) et HSP22 (petite protéine de choc thermique) s'accumulent dans les mitochondries de graines. Elles joueraient un rôle dans la protection des membranes et/ou des protéines en cas de stress. Cependant, les mécanismes de protection mis en jeu restent encore à préciser. Le caractère essentiel de ces protéines pour la tolérance à la dessiccation des graines reste également à déterminer.

Résultats

LEAM et HSP22 ont été détectées dans les graines des 89 génotypes de la core collection de pois, en quantité comparable. Alors que HSP22 ne présente qu'une isoforme, quatre isoformes ont été identifiées pour LEAM. De façon intéressante, chaque génotype ne possède qu'une seule isoforme de LEAM.

Le gène LEAM présente plusieurs motifs répétés qui se sont dupliqués, conduisant à quatre variants. Ces variations génétiques ont eu peu d'impact sur les caractéristiques biochimiques des protéines et vraisemblablement sur leur fonction. Comme suggéré par des modélisations, les isoformes de LEAM se structureraient en hélice amphiphile de classe A. Cette conformation leur permettrait en interagissant avec les phospholipides de protéger les membranes mitochondriales.

L'isoforme 1 (la plus petite) et l'isoforme 3 (la plus grande) sont les plus représentées dans la collection



© Marie-Hélène Avelange-Macherel, Agrocampus-ouest
Répartition des différentes isoformes de LEAM en fonction de l'origine géographique des génotypes de pois étudiés (E = Europe; SE = sud de l'Europe; ME : Moyen Orient; FE : extrême Orient; NA : Amérique du Nord ; SA : Amérique du Sud); Les chiffres correspondent au nombre de génotypes par zone géographique.

(55 % et 39 % respectivement). L'analyse des résultats, en lien avec les origines des génotypes, suggère que l'isoforme 1 est la forme ancestrale de LEAM. L'ensemble des résultats souligne le caractère essentiel de LEAM et HSP22 chez le pois et permet de mieux comprendre les mécanismes d'évolution des protéines LEA.

Perspectives

Cette étude n'a pas permis d'identifier des génotypes de pois déficients en LEAM et/ou HSP22, ce qui aurait permis de mieux préciser les fonctions *in vivo* des protéines. Les outils de génomique inverse étant peu disponibles chez le pois, l'étude des deux protéines a été transposée chez *Arabidopsis thaliana*, qui possède deux gènes orthologues pour LEAM et HSP22. Des mutants d'insertion ainsi que des surexprimeurs sont en cours de phénotypage, à différents stades de développement, et en condition de stress abiotiques. Parallèlement les caractérisations biochimiques et fonctionnelles des deux protéines de pois se poursuivent.

Partenaires

Ce travail est le fruit d'une collaboration entre l'équipe Mitostress (UMR IRHS, Angers) et Judith Burstin (UMR Agroécologie, INRA Dijon).

Cette étude est réalisée dans le cadre du projet ANR Mitozen.

Bibliographie

■ Avelange-Macherel M.H., Payet N., Lalanne D., Neveu M., Tolleter D., Burstin J., Macherel D. 2015. Variability within a pea core collection of LEAM and HSP22, two mitochondrial seed proteins involved in stress tolerance. *Plant Cell Environment* 38:1299-311.

Contact

Marie-Hélène Avelange-Macherel, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex
Mél : marie-helene.macherel@agrocampus-ouest.fr

Un nouveau dilemme pour les graines : se développer ou se défendre

Objectif

Déterminer s'il existe un dialogue moléculaire entre les graines de *Medicago truncatula* en développement et des bactéries phytopathogènes du genre *Xanthomonas*.

Contexte

Les qualités physiologique (performance germinative) et sanitaire des graines (vection d'agents pathogènes) conditionnent la mise en place du peuplement végétal et l'émergence de maladies. Leur maîtrise constitue donc un enjeu scientifique et technologique majeur. Jusqu'à présent, les graines ont été considérées comme des vecteurs passifs des bactéries phytopathogènes. Cependant, les travaux conduits en collaboration entre les équipes ConserTo et Emersys de l'UMR IRHS dans le cadre du projet QUALISEM ont permis de découvrir un dialogue moléculaire entre la graine en développement de *Medicago truncatula* et les *Xanthomonas*, des bactéries phytopathogènes transmises par les semences et occasionnant des maladies préjudiciables pour les cultures.

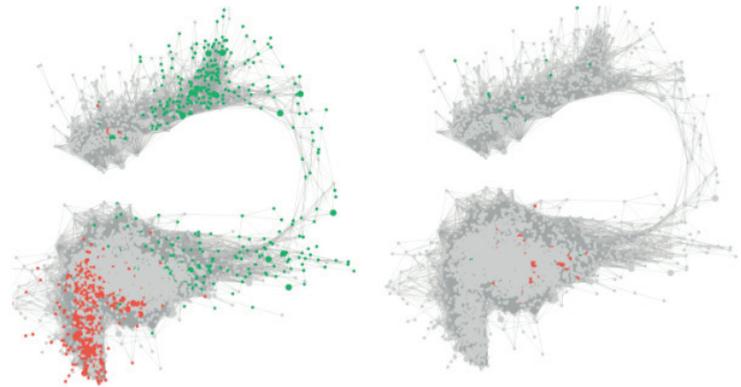
Résultats

Des analyses transcriptomiques et de réseaux de gènes montrent que la graine perçoit la bactérie et répond à sa présence en exprimant un ensemble de gènes impliqués dans la mise en place des défenses alors que les transcrits codant les protéines de réserve diminuent. Cet investissement dans l'expression des défenses est toutefois limité dans le temps, puisqu'en fin de maturation aucune expression n'est observable, alors que des gènes impliqués dans la protection contre la dessiccation et la qualité germinative sont plus fortement exprimés. Ce dialogue moléculaire a été mis en évidence lorsque la graine est contaminée par *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, c'est-à-dire en situation incompatible. Aucun élément de ce dialogue n'est observable dans le cas de la situation compatible en présence de *Xanthomonas alfalfae* subsp. *alfalfae*. La réponse transcriptionnelle de la graine contaminée, la réduction du poids de la graine et une teneur accrue en chlorophylle en

16 JAP



32 JAP



Une approche de réseau de gènes révèle la réponse de la graine de *Medicago truncatula* face à la contamination par une bactérie phytopathogène, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Le fond gris représente un réseau de plusieurs milliers de connexions existantes entre les gènes co-exprimés lors du développement de la graine. Les points rouges, tous situés dans la zone représentant la phase de remplissage de la graine correspondent aux transcrits surexprimés dans les graines contaminées par rapport aux graines saines alors que les points verts, localisés dans la phase de maturation après remplissage correspondent aux transcrits sous-exprimés.

fin de maturation suggèrent un compromis entre l'activation des défenses basales et le développement.

Perspectives

Ce travail constitue un nouveau modèle original permettant d'explorer les interactions fonctionnelles entre développement et tolérance aux stress biotiques et abiotiques.

Partenaires

Jacques M.-A., Darrasse A., équipe EmerSys, UMR IRHS.

Bibliographie

■ Terrasson E., Darrasse A., Righetti K., Buitink J., Lallanne D., Ly Vu B., Pelletier S., Bolingue W., Jacques M.-A., Leprince O. 2015. Identification of a molecular dialogue between developing seeds of *Medicago truncatula* and seedborne xanthomonads. *Journal of Experimental Botany*, 66: 3737-3752.

Contact

Olivier Leprince, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cédex
Mél : olivier.leprince@agrocampus-ouest.fr

Des gènes impliqués dans la défense contre les agents pathogènes régulent la longévité des graines

Objectif

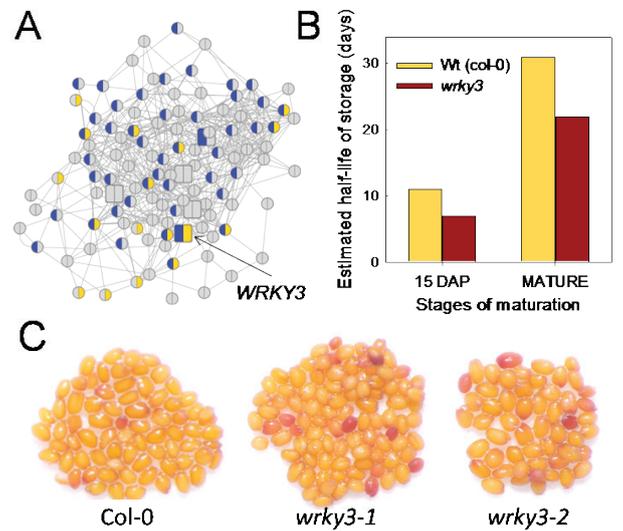
Identification des gènes impliqués dans l'acquisition de la longévité par inférence d'un réseau stable de co-expression génique du développement des graines de *Medicago truncatula* combinant plusieurs environnements.

Contexte

Pendant leur développement, les graines acquièrent progressivement un ensemble de caractères qui vont déterminer leur performance germinative, un facteur crucial pour l'établissement du peuplement végétal et donc du rendement des cultures. Figurent parmi ces caractères, la longévité des graines est la capacité de rester en vie pendant leur stockage. Elle est aussi à la base de la conservation des ressources génétiques ex situ et au maintien des banques de semences dans le sol. Contrairement aux mécanismes impliqués dans l'embryogenèse et la biosynthèse des substances de réserve, les mécanismes moléculaires régulant l'acquisition de la longévité pendant la maturation restent largement inconnus. Les plantes contrôlent et ajustent en permanence le niveau d'expression de chacun de leurs gènes pour se développer ou s'adapter aux conditions de l'environnement. Ce contrôle peut être modélisé par la construction de réseaux de co-expression de gènes qui est une représentation graphique d'une collection de gènes interagissant les uns avec les autres.

Résultats

Afin d'identifier les gènes régulateurs de la longévité, nous avons construit des réseaux de gènes co-exprimés pendant le développement de la graine de *Medicago truncatula* en conditions optimales et de stress hydrique et thermique. Ce réseau robuste dénommé "Matnet" a ensuite été corrélé à l'acquisition de la longévité par la graine et comparé aux données massives de transcriptomique chez *Arabidopsis thaliana*. Cette démarche a permis de mettre en évidence un module, ou sous-ensemble de gènes, caractéristique de la longévité et conservé chez les deux espèces. L'analyse par génomique fonctionnelle des facteurs de transcription contenus dans ce module révèle l'importance des voies de régulation de la



Module de co-expression de gènes liés à la longévité pour *Medicago truncatula* et *Arabidopsis thaliana*. Les noeuds colorés sont des gènes qui contiennent un élément régulateur cis impliqué dans la défense aux agents pathogènes dans leur promoteur (*Medicago* jaune, *Arabidopsis* bleu). Le facteur de transcription WRKY3 est indiqué. Chez *Arabidopsis*, le lot de graines mutantes *wrky3* présente une longévité plus faible que le type sauvage (B) et une plus forte proportion de graines présentant des enveloppes perméables (C), mises en évidence par la coloration rouge au tetrazolium après 12h d'imbibition.

réponse des plantes face à des stress biotiques dans l'acquisition de la longévité. Nos résultats constituent un exemple original du phénomène de coadaptation où des gènes régulateurs des défenses passives contre les champignons nécrotrophes auraient gagné de nouvelles fonctions en contrôlant la longévité des graines. Ils suggèrent que la compréhension de la qualité germinative doit prendre en compte à la fois l'impact des stress abiotiques et biotiques.

Perspectives

En révélant des interactions fonctionnelles entre développement, tolérance aux stress abiotiques et défenses passives, nos résultats offrent de nouvelles pistes de recherche sur la compréhension de l'environnement parental et de l'immunité de la graine dans la régulation de la qualité germinative.

Partenaires

Verdier, Jerome. Shanghai Plant Stress Center, Chine.
Glaab, Enrico. Luxembourg Centre for Systems Biomedicine, Univ. Luxembourg.

Bibliographie

■ Righetti K., Vu J. L., Pelletier S., Vu B. L., Glaab E., Lallanne D., Pasha A., Patel R. V., Provart N. J., Verdier J., Leprince O., Buitink J. 2015. Inference of longevity-related genes from a robust coexpression network of seed maturation identifies regulators linking seed storability to biotic defense-related pathways. *The Plant Cell* 27: 2692-2708.

Contact

Julia Buitink, UMR IRHS, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex
Mél : Julia.buitink@inra.fr

Les nouveaux laboratoires de l'UMR IRHS hébergés dans la "Maison de la recherche" du Campus du Végétal ont été inaugurés en septembre 2015 en présence de François Houiller, Président Directeur Général de l'INRA, Grégoire Thomas et Emmanuelle Chevassus, directeurs d'AGRO-CAMPUS OUEST, Jean-Paul Saint-André, Président de l'Université d'Angers, les représentants de autorités locales et nationales, de nombreuses personnalités, et un large public. A cette occasion F. Houiller et C. Clergeau, premier vice président de la Région des Pays de la Loire ont signé un accord cadre entre l'INRA et la région. Cette séance d'inauguration a été suivie en soirée par une conférence grand public sur l'épigénétique et ses applications potentielles en amélioration des plantes donnée par Etienne Bucher à la faculté des Sciences. Les personnels de l'unité sont donc depuis cette date tous regroupés sur le même site dans 8900 m² de laboratoires parfaitement équipés.



Enfin le potentiel scientifique de l'unité a été significativement renforcé avec l'arrivée d'un directeur de recherche et d'une professeure en bioinformatique, une ingénieure de recherche en génomique fonctionnelle, et un professeur en statistiques. 8 nouvelles thèses ont démarré en 2015 et 4 post-docs ont été recrutés.

Nouveaux projets acceptés en 2015

■ **Reguleg** - projet ANR coordonné par J. Buitink (équipe ConserTo)

■ **ESTIM** - projet ANR-LabCom (laboratoire commun entre l'IRHS et l'AREXHOR) coordonné par P. Grappin et M.N. Brisset (équipes FungiSem et ResPom).

■ **FSPM APPLE** - projet bilatéral ANR/DFG coordonné par G. Buck Sorlin

■ **ReVeRIES et RosesMonde** - deux projets ANR dont l'équipe GDO est partenaire

■ **PONTE et EMPHASIS** - deux projets européens (H2020) dont l'équipe EmerSys est partenaire

Nouvelles thèses commencées en 2015

■ **Valérian Méline** - Phenotyping the impact on plant tissues of type 3 effectors (T3Es) using hyperspectral and chlorophyll fluorescence imaging. Directeur de thèse : Tristan Boureau, co-encadrant : Etienne Belin

■ **Julia Courtial** - Pouvoir pathogène et résistance : implication des toxines dans l'interaction carotte-*Alternaria dauci*. Directeur de thèse : P. Poupard.

■ **Claude Koutouan** - Caractérisation de la réponse métabolique de la carotte à l'infection par *Alternaria dauci*. Directeur de thèse : Mathilde Briard, co-encadrant : Valérie Leclerc

■ **Nicolas Daccord** - Analyse bioinformatique du génome et de l'épigénome de la pomme. Directeur de thèse : Etienne Bucher. Co-encadrant : Claudine Landès

■ **Eloïse Fleurisson** - Worldwide environmental adaptation and epigenome plasticity in apple. Directeur de thèse : Etienne Bucher

■ **Kay Gully** - Molecular mechanisms of elicitor-induced epigenetic changes in apple and *Arabidopsis*. Directeur de thèse : Etienne Bucher

■ **Romain Warneys** - Pomme d'Epi: Etude des mécanismes épigénétiques impliqués dans la potentialisation des défenses du pommier par les SDP (RFI). Directeur de thèse : Marie-Noëlle Brisset

■ **Elise Réthoré** - Analyse intégrative de l'acquisition de la thermotolérance chez les plantules d'*Arabidopsis thaliana* (Integrative analysis of bioenergetics and metabolic adaptations during heat acclimation in *Arabidopsis* seedlings). Directeur de thèse : David Macherel. Co-encadrants : David Logan, Marie-Hélène Macherel.

Nouveaux post-doctorats commencés en 2015

■ **Karima Righetti** - Identification de gènes impliqués dans la longévité des graines par une approche GWAS. Référent scientifique : Julia Buitink

■ **Nicolas Denancé** - S'armer pour se protéger d'un "alien" (*Xylella fastidiosa*) qui menace les productions végétales spécialisées ligériennes. Référent scientifique : Marie-Agnès Jacques

■ **Tünde Nyikó** - Caractérisation fonctionnelle et moléculaire de la protéine essentielle APUM9 qui est sous régulation épigénétique chez les plantes. Référent scientifique : Etienne Bucher

■ **Poirier-Pocovi Magalie** - Modélisation fonction-structure multi-échelle sur l'exemple du pommier. Référent scientifique : Gerhard Buck-Sorlin

Focus sur l'avancement du projet Connect talent Epicenter

Epigénomique de la pomme

Afin de générer le 1^{er} épigénome de la pomme, il est crucial de disposer d'une bonne séquence génomique de référence. Hors, l'actuel séquence génomique est de mauvaise qualité, comprenant 122 000 contigs. Afin d'améliorer la qualité de la séquence génomique, l'ADN d'un haploïde haploïde doublé de Golden Delicious a été séquencé en utilisant la nouvelle technologie de séquençage PacBio, ce qui permet un assemblage du génome de novo. **Nicolas Daccord**, doctorant financé par l'UA et le projet GRIOTE et co-encadré par **Claudine Landès** (Professeur de bioinformatique) et **Etienne Bucher**, se consacre à l'assemblage de ce génome. Comparé au génome de référence, le nombre de fragments a été considérablement réduit et l'annotation est en cours.

L'équipe est très intéressée par l'étude des changements épigénétiques intervenant chez la pomme pendant le développement et sous l'effet de stress biotiques. **Jean-Marc Celton** (post-doc) se consacre à l'étude des changements épigénétiques qui interviennent pendant le développement du pommier. Ils ont mis en évidence des premiers éléments montrant que le développement du fruit est régulé par des marqueurs épigénétiques.

Kay Gully (d'abord titulaire d'une bourse Jeff Schell financée par Bayer CropSciences, et actuellement doctorant) étudie les changements épigénétiques qui sont induits par les composés stimulateurs de défense et les éliciteurs. En utilisant la transcriptomique, il a déjà découvert des gènes marqueurs chez la pomme et l'arabette qui montrent un effet mémoire à très long terme lié aux traitements. Ils représentent d'excellents gènes candidats qui peuvent être régulés par des marques épigénétiques et qui font actuellement l'objet d'études plus approfondies.

Epigénétique chez *Arabidopsis thaliana*

Deux post-doctorants travaillent sur la régulation épigénétique fondamentale de l'expression de gènes chez *Arabidopsis*, **Tünde Niyko** étudie une protéine essentielle régulée de manière épigénétique qui peut relier les mARNs et a mis en évidence que cette protéine influence la stabilité du mARN. **David Windels** a identifié un mutant d'*Arabidopsis* qui est déficient dans la régulation épigénétique de l'expression du gène. En utilisant le séquençage de l'ensemble du génome, il a identifié un nouveau régulateur épigénétique qui fait actuellement l'objet d'études approfondies.

Info QuarVeg

Une enseignante-chercheuse de l'équipe QuarVeg est partie en délégation à la North Carolina State University pour un an (août 2014- août 2015) dans le département de Plant Pathology au sein de l'équipe de Peter Balint-Kurti. Sa participation aux travaux de recherches sur l'étude de la résistance du maïs au champignon *Cochliobolus heteros-*

trophus ainsi qu'au nématode *Belonolaimus longicaudatus* lui ont permis d'acquérir des compétences en traitement de données RNAseq et à l'utilisation de la plateforme IPlant ainsi que des connaissances sur la mise en œuvre de tests d'évaluation de la résistance aux nématodes.

Equipe ALSA

Revues scientifiques à comité de lecture

■ Lahaye M., Falourd X., Limami A., Foucat L. 2015. Water mobility and microstructure evolution in the germinating *Medicago truncatula* seed by NMR relaxometry. A revisited interpretation of multicomponent relaxation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 1698-1710.

■ Pellizzaro A., Clochard T., Planchet E., Limami A.-M., Morère-Le Paven M.-C. 2015. Identification and molecular characterization of *Medicago truncatula* NRT2 and NAR2 families. *Physiologia Plantarum* 154: 256-269.

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

■ Planchet E., Limami A.-M. 2015. Amino acid synthesis under abiotic stress. In *Amino acids in higher plants*, p. 262-276, CAB International, Wallingford, UK. D'Mello J.P.F. (ed).

Mémoires de thèse et HDR

■ Pellizzaro A. 2015. Doctorat de l'Université d'Angers. Caractérisation du transporteur de nitrate à double affinité, MtNPF6.8 (MtNRT1.3), de *Medicago truncatula* : rôles dans le transport et la perception du signal nitrate.

Equipe Arch-E

Revues scientifiques à comité de lecture

■ Azri W., Le Gourriec J., Demotes-Mainard S., Huché-Thélier L., Rabot A., Guérin V., Sakr S. 2015. Impacts of contrasting light on bud burst and on *RwMAX1* and *RwMAX2* expression in *Rose*. *Acta Physiologiae Plantarum* 37: 30.

■ Barbier F., Péron T., Lecerf M., Perez-Garcia M., Barrière Q., Rolcik J., Bouquet-Mercier S., Citerne S., Lemoine R., Porcheron B., Roman H., Leduc N., Le Gourriec J., Bertheloot J., Sakr S. 2015. Sucrose is an early modulator of the key hormonal mechanisms controlling bud outgrowth in *Rosa hybrida*. *Journal of Experimental Botany* 66: 2569-2582.

■ Besnard A.G., Davranche A., Mauge-

nest S., Bouzillé J.-B., Vian A., Secondi J. 2015. Vegetation maps based on remote sensing are informative predictors of habitat selection of grassland birds across a wetness gradient. *Ecological Indicators*. 58: 47-54.

■ Crespel L., Le Bras C., Relion D., Roman H., Morel P. (2015) Effect of high temperature on the production of 2n pollen grains in diploid roses and obtaining of tetraploids via unilateral polyploidization. *Plant Breeding*. 134:356-364.

■ Garbez M., Galopin G., Sigogne M., Favre P., Demotes-Mainard S., Symoneaux R., 2015. Assessing the visual aspect of rotating virtual rose bushes by a labeled sorting task. *Food Quality and Preference*. 40: 287-295.

■ Henry C., Bledsoe S.W., Griffiths C.A., Kollman A., Paul M.J., Sakr S., Lagrimini M. (2015). Differential role of trehalose metabolism in salt-stressed maize. *Plant Physiology*. 169: 1-18.

■ Li-Marchetti C., Le Bras C., Relion D., Citerne S., Huché-Thélier L., Sakr S., Morel P., Crespel L. 2015. Genotypic differences in architectural and physiological responses to water restriction in rose bush. *Frontiers in Plant Science*. 6, article 355.

■ Macaire S., Catrain A., Tortel S., Joly J.C., Girard S., Bonnet P., Vian A. 2015. Radiated ultrashort high-power electromagnetic pulses induce ATP release in B16F10 murine melanoma cells. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*. 7: 66-74.

■ Rameau C., Bertheloot J., Andrieu B., Foucher F., Sakr S. 2015. Multiple pathways regulate shoot branching. *Frontiers in Plant Science*. 5, article 741.

■ Tawegoum R., Leroy F., Sintès G., Chassériaux G. 2015. Forecasting hourly transpiration for triggering irrigation in nurseries. *Biosystems Engineering*. 129: 237-247.

■ Yousfi S., Boumaza R., Aissani D., Adjabi S. 2015. Optimal bandwidth matrices in functional principal component analysis of density functions. *Journal of Statistical Computation and Simulation*. 85: 2315-2330.

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

■ Vian A., Stankovic B., Davies E. 2015. Signalomics: diversity and methods of analysis of systemics signals in plant.

In *PlantOmics: The Omics of Plant Science*. Bart D., Khan M., Davies E. (Eds) 360p, pp459-489.

Mémoires de thèse et HDR

■ Roman H. 2015. Doctorat de l'Université d'Angers, Etude du photocontrôle du débourrement : Rôles des photorécepteurs (*phyA*, *phyB*, *cry1*) et des cytokinines dans la transduction du signal lumineux.

Equipe BGL

Communications colloques

■ Satour P., Youssef C., Chatelain E., Montrichard F. 2015. Proteins are carbonylated in maturing seeds of *Medicago truncatula*. *Graines 2015 : 5ème colloque national du réseau français de biologie des graines*, Clermont-Ferrand, France, 27-29 octobre 2015.

■ Youssef C., Aubry C., Satour P., Beucher D., Juchaux M., Teulat B. 2015. Bases génétiques de l'allongement de l'hypocotyle à l'obscurité chez *Medicago truncatula*. 5ème colloque national du réseau français de biologie des graines, Clermont-Ferrand, France, 27-29 octobre 2015.

Mémoires de thèse et HDR

■ Youssef C. ED VENAM, Agrocampus Ouest. Bases génétiques de la croissance hétérotrophe de l'hypocotyle en conditions optimales et sous stress abiotiques chez *Medicago truncatula* : contribution du nombre et de la longueur des cellules.

Mémoires de stages

■ Perrin A. 2015. M1 Biologie et Technologie du Végétal, Université d'Angers. Impact de la lumière sur la germination de *Medicago truncatula* dans le cadre du phénotypage automatisé.

■ Salanon R. 2015. M1 Biologie et Technologie du Végétal, Université d'Angers. Rôle des espèces réactives de l'oxygène et des peroxydases lors de la croissance des plantules de *Medicago truncatula*.

Equipe ConserTo

Revue scientifique à comité de lecture

■ Costa M.C.D., Righetti K., Nijveen H., Yazdanpanah F., Ligterink W., Buitink J., Hillhorst H.W.M. 2015. A gene co-expression network predicts functional genes controlling the re-establishment of desiccation-tolerance in germinated *Arabidopsis thaliana* seeds. *Planta*, 242: 435-449

■ Leprince O., Buitink J. (2015) Introduction to desiccation biology: from old borders to new frontiers. *Planta*, 242, 369-378

■ Righetti K., Ly Vu J., Pelletier S., Ly Vu B., Glaab E., Lalanne D., Pasha A., Patel R.V., Provart N., Verdier J., Leprince O., Buitink J. 2015. Inference of longevity-related genes from a robust co-expression network of seed maturation identifies regulators linking seed storability to biotic defense related pathways. *The Plant Cell* 27: 2692-2708.

■ Terrasson E., Darrasse A., Righetti K., Buitink J., Lalanne D., Ly Vu B., Pelletier S., Bolingue W., Jacques M.-A., Leprince O. 2015. Identification of a molecular dialogue between developing seeds of *Medicago truncatula* and seedborne xanthomonads. *Journal of Experimental Botany*, 66: 3737-3752.

Communications colloques

■ Buitink J. 2015. From seed longevity to passive defense against pathogens. Keynote speaker. Seeds for future generations - determinants of longevity. Wernigerode, Germany.

■ Zinsmeister J., Buitink J., Righetti K., Ly Vu J., Ly Vu B., Lalanne D., Leprince O. 2015. De la longévité des graines aux défenses passives contre les pathogènes: cooptation de gènes pour survivre à l'état sec. Graines 2015, Clermont-Ferrand, 27-29 octobre 2015.

Mémoires de stages

■ Jugie T., 2015. Master I Mention de Biologie et Technologie du Végétal. 2015. Caractérisation physiologique et moléculaire des graines de tomate surexprimant le gène de résistance Cf-4 contre *Cladosporium fulvum*.

Equipe EcoFun

Revue scientifique à comité de lecture

■ Bourget R., Chaumont L., Durel C.E., Sapoukhina N. 2015. Sustainable deployment of QTLs conferring quantitative resistance to crops: first lessons from a stochastic model. *New Phytologist*. 206: 1163-1171.

■ Caffier V., Patocchi A., Expert P., Bellanger M.N., Durel C.E., Hilber-Bodmer M., Broggin G.A.L., Groenwold R., Bus V.G.M.. 2015. Virulence characterization of *Venturia inaequalis* reference isolates on the differential set of *Malus* hosts. *Plant Disease* 99:370-375.

■ Collemare J., Beenen HG, Crous PW, de Wit PJGM and van der Burgt A. 2015. Novel Introner-Like Elements in fungi are involved in parallel gains of spliceosomal introns. *PLoS One* 5;10(6):e0129302.

■ De Gracia M., Cascales M, Expert P, Bellanger MN, Le Cam B, Lemaire C. 2015. How did hosts domestication modify life history traits of its pathogens? *PloS One* 19;10(6):e0122909.

■ Griffiths S, Saccomanno B, de Wit PJ, Collemare J. 2015. Regulation of secondary metabolite production in the fungal tomato pathogen *Cladosporium fulvum*. *Fungal Genetics and Biology* 84:52-61.

■ Jashni MK, Mehrabi R, Collemare J, Mesarich CH, de Wit PJ. 2015. The battle in the apoplast: further insights into the roles of proteases and their inhibitors in plant-pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science* doi.org/10.3389/fpls.2015.00584.

■ Jashni MK, Dols IH, Iida Y, Boeren S, Beenen HG, Mehrabi R, Collemare J, de Wit PJ. 2015 Synergistic action of a metalloprotease and a serine protease from *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* cleaves chitin-binding tomato chitinases, reduces their antifungal activity, and enhances fungal virulence. *Molecular Plant Microbe Interaction* 28:996-1008.

■ Leforestier D, Ravon E, Muranty H, Cornille A, Lemaire C, Giraud T, Durel CE, Branca A 2015. Genomic basis of the differences between cider and dessert apple varieties. *Evolutionary applications*, 8:650-61.

■ Lemaire C, De Gracia M, Leroy T, Michalecka M, Lindhard Pedersen H, Guerin F, Gladieux P, Le Cam B. 2015. Emergence of new virulent populations of apple scab from non-agricultural disease reservoirs. *New Phytologist* 209:1220-1229.

■ Le Guillou-Guillemette H, Ducancelle A, Bertrais S, Lemaire C, Pivert A, Veillon P, Bouthry E, Alain S, Thibault V, Abravanel F, Rosenberg AR, Henquell C, André-Garnier E, Petsaris O, Vallet S, Bour JB, Baazia Y, Trimoulet P, André P, Gaudy-Graffin C, Bettinger D, Larat S, Signori-Schmuck A, Saoudin H, Pozzetto B, Lagathu G, Minjolle-Cha S, Stoll-Keller F, Pawlowsky JM, Izopet J, Payan C, Lunel-Fabiani F 2015. Identification of a duplicated V3 domain in NS5A associated with cirrhosis and hepatocellular carcinoma in HCV-1b patients. *Journal of Clinical Virology* 69:203-9.

Communications colloques

■ Calmes B., Leroy T., Biessy A., Guillemette T., Sannier M., Expert P., de Gracia M., Charrier A., Collemare J., Caffier V., Vergne E., Chevreau E., Durel C-E, Lemaire C., Le Cam B. 2015. « Coupling evolutionary dynamics of fungal effectors and functional genomics: towards understanding mechanisms of *Venturia inaequalis* virulence and identifying durable resistance genes in apple. » Population Genomics and Microevolution session, Fungal Genetics Conference, Asilomar, CA, USA.

■ Lemaire et al., 2015. The genetic architecture of reproductive isolation between wild and domesticated agricultural populations of the apple scab agent, *Venturia inaequalis*. Fungal Genetics Conference, Asilomar, CA, USA.

Mémoires de thèse et HDR

■ De Gracia M. 2015. Doctorat de l'Université d'Angers. Génomique évolutive de l'agent pathogène de la tavelure du pommier, *Venturia inaequalis*, dans le cadre de la domestication de son hôte. Université d'Angers.

Equipe EmerSys

Revue scientifique à comité de lecture

■ Aznar A., Chen N.W.G., Thomine S., Dellagi A. 2015. Immunity to plant pathogens and iron homeostasis. *Plant Sciences* 240:90-97.

■ Barret M., Briand M., Bonneau S., Prévieux A., Valière S., Bouchez S., Hunault G., Simoneau P., Jacques M.-A. 2015. Emergence shapes the structure of the seed-microbiota. *Applied and Environmental Microbiology* 81:1257-1266.

■ Bolot S., Cerutti A., Carrère S., Arlat M., Fischer-Le Saux M., Portier P., Poussier S., Jacques M.-A., Noël L.D. 2015. Genome sequences of the race 1 and race 4 *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* strains CFBP 1869 and CFBP 5817. *Genome Announcements* 3(5):e01023-15.

■ Campillo T., Luna E., Portier P., Fischer-Le Saux M., Lapitan N., Tisserat N.A., Leach J.E. 2015. *Erwinia iniecta* sp. nov., isolated from Russian wheat aphids (*Diuraphis noxia*). *International Journal of Systematic and Environmental Microbiology* 65: 3625-3633

■ Cesbron C., Briand M., Essakhi S., Gironde S., Boureau T., Manceau C., Fischer-Le Saux M., Jacques M.A. 2015. Comparative genomics of pathogenic and nonpathogenic strains of *Xanthomonas arboricola* unveil molecular and evolutionary events linked to pathoadaptation. *Frontiers in Microbiology* 6:1126.

■ Cuntly A., Cesbron S., Poliakoff F., Jacques M.-A., Manceau C. 2015. The origin of the outbreak in France of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar 3, the causal agent of bacterial canker of Kiwifruit, revealed by a Multilocus Variable-number of Tandem Repeat Analysis. *Applied and Environmental Microbiology* 81:6773-6789.

■ Cuntly A., Poliakoff F., Rivoal C., Cesbron S., Fischer-Le Saux M., Lemaire C., Jacques M.-A., Manceau C., Vanneste J.L. 2015. Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) isolated from France and assignment of Psa biovar 4 to a de novo pathovar: *Pseudomonas syringae* pv. *actinidifoliorum* pv. nov. *Plant Pathology* 64:582-596.

■ Deveau A., Barret M., Diedhiou A.G., Leveau J., de Boer W., Martin F., Sarniguet A., Fery-Klett P. 2015. Pairwise transcriptomic analysis of the interac-

tions between the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* S238N and three beneficial, neutral and antagonistic soil bacteria. *Microbial Ecology* 69: 146-159.

■ Degrave A., Siamer S., Boureau T., Barny M.-A. 2015. The AvrE superfamily: Ancestral type III effectors involved in suppression of PAMP-triggered immunity. *Molecular Plant Pathology* 16:899-905.

■ Essakhi S., Cesbron S., Fischer-Le Saux M., Bonneau S., Jacques M.-A., and Manceau C. 2015. Phylogenetic and VNTR analysis identified non-pathogenic lineages within *Xanthomonas arboricola* lacking the canonical type three secretion system. *Applied and Environmental Microbiology* 81:5395-5410.

■ Fischer-Le Saux M., Bonneau S., Essakhi S., Manceau C., Jacques M.-A. 2015. Aggressive emerging pathovars of *Xanthomonas arboricola* represent widespread epidemic clones that are distinct from poorly pathogenic strains, as revealed by multilocus sequence typing. *Applied and Environmental Microbiology* 81:4651-4668.

■ Klaedtke S., Jacques M.-A., Raggi L., Prévieux A., Bonneau S., Negri V., Chable V., Barret M. 2015. Terroir is a key driver of seed-associated microbial assemblages. *Environmental Microbiology* 18 (6) : 1792-804.

■ Pesce C., Bolot S., Berthelot E., Bragard C., Cunnac S., Fischer-Le Saux M., Portier P., Arlat M., Gagnevin L., Jacques M.-A., Noël L.D., Carrère S., Koebnik R. 2015. Draft genome sequence of *Xanthomonas translucens* pv. *graminis* pathotype strain CFBP 2053. *Genome Announcement* 3(5) : e01174-15.

■ Pesce C., Bolot S., Cunnac S., Portier P., Fischer-Le Saux M., Jacques M.-A., Gagnevin L., Arlat M., Noël L.D., Carrère S., Bragard C., Koebnik R. 2015. High-quality draft genome sequence of the *Xanthomonas translucens* pv. *cerealis* pathotype strain CFBP 2541. *Genome Announcement* 3(1):e01574-14.

■ Rousseau C., Hunault G., Gaillard S., Bourbeillon J., Montiel G., Simier P., Champion C., Jacques M.-A., Belin E., Boureau T. 2015. Phenoplant: a web resource for the exploration of large chlorophyll fluorescence image datasets. *Plant Methods* 11:24.

■ Roux B., Bolot S., Guy E., Denancé N., Lautier M., Jardinaud M.-F., Fischer-Le Saux M., Portier P., Jacques M.-A., Gagnevin L., Pruvost O., Lauber E., Arlat

M., Carrère S., Koebnik R., Noël L.D. 2015. Genomics and transcriptomics of *Xanthomonas campestris* species challenge the concept of core type III effectome. *BMC Genomics* 16:975.

■ Terrasson E., Darrasse A., Righetti K., Buitink J., Lalanne D., Ly Vu B., Pelletier S., Bolingue W., Jacques M.-A., Leprince O. 2015. Identification of a molecular dialogue between developing seeds of *Medicago truncatula* and seedborne xanthomonads. *Journal of Experimental Botany* 66 :3737-3752.

Mémoires de thèse et HDR

■ Boureau T. 2015. HDR Université d'Angers. Recherche Type 3, hôte sensible, émergence et affinités...

■ Cuntly A. 2015. Thèse de doctorat Université d'Angers. Caractérisation de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* l'agent responsable de l'émergence d'une épidémie de chancre bactérien du kiwi en France et description de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidifoliorum*, agent causal de taches foliaires sur kiwi.

Mémoires de stages

■ Bertrand P.-E. 2015. M1 Biologie et technologie du végétal – Université d'Angers. Typage moléculaire des souches de *Xylophilus ampelinus* du CIRM-CFBP.

■ De Wever A. 2015. M1 microbiologie fondamentale et appliquée, Université Rennes I. Comparaison phénotypique de souches pathogènes et non pathogènes de l'espèce *Xanthomonas arboricola*.

■ Gaborieau R. 2015. M1 informatique, Université d'Angers. Développement d'un outil de détection de k-mers spécifiques à un groupe de génomes.

■ Goncalvez R. 2015. Stage de 4 mois, doctorat en biologie, Université Botucatu Brésil. Study of genetic diversity of *Curtobacterium flaccumfaciens* from Brazil and France by MLSA.

■ Humeau M. 2015. M1 Biologie et technologie du végétal – Université d'Angers. Etude de l'impact quantitatif des ET3 dans l'agressivité de souches de *Xanthomonas* sur plantes potagères.

■ Raharivelo M. 2015. Master en agronomie et agroalimentaire, Supagro Montpellier-ACO-AgroParistech. Emergence d'une souche phytopathogène à partir d'une souche de *Xanthomonas* épiphyte.

Equipe EpiCenter

Revue scientifique à comité de lecture

■ Dapp, M., Reinders, J., Bédiée, A., Balsera, C., Bucher, E., Theiler, G., Granier, C., and Paszkowski, J. (2015). Heterosis and inbreeding depression of epigenetic Arabidopsis hybrids. *Nature Plants* 1, 15092.

■ Hristova, E., Fal, K., Klemme, L., Windels, D., and Bucher, E. (2015). HISTONE DEACETYLASE6 Controls Gene Expression Patterning and DNA Methylation-Independent Euchromatic Silencing. *Plant Physiology* 168, 1298–1308.

Demande de brevet

■ Une demande de brevet auprès de l'Office européen des Brevets, 2015 EPI5197663.6: Mobilisation of Transposable Elements to Enhance Genetic and Epigenetic Variability in a Population.

Mémoires de stages

■ Eloïse F. 2015 : M2 Contrôle épigénétique de la taille de la pomme.

Equipe FruitQual

Revue scientifique à comité de lecture

■ Ben Sadok I., Garcia G., Martinez S., Moutier N., Leon L., Belaj A., De La Rosa R., Khadari B., Costes E. 2015. Plasticity in vegetative growth over contrasted growing sites of an F1 olive tree progeny during its juvenile phase. *PLoS One* 10 (6) : e0127539

■ Delaire M., Sané F., Mehinagic E., Guillermin P., Patron C., Le Meurlay D., Le Morvan C., Symoneaux R. 2015. Effect of apple growth pattern on fruit textural quality at harvest and after cold storage in cv. 'Braeburn', *Scientia Horticulturae*, 194:134-37

■ Faes P., Deleu C., Ainouche A., Le Caherec F., Montes E., Clouet V., Gouraud A.-M., Albert B., Orsel M., Lassalle G., Leport L., Bouchereau A., Niogret M.-F. 2015. Molecular evolution and transcriptional regulation of the oilseed rape proline dehydrogenase genes suggest distinct roles of proline catabolism during development. *Planta*, 241 (2), 403-419.

■ Gironde A., Etienne P., Trouverie J., Bouchereau A., Le Caherec F., Leport

L., Orsel M., Niogret M.-F., Nesi N., Carole D., Soulay F., Masclaux-Daubresse C., Avice J.-C. 2015. The contrasting N management of two oilseed rape genotypes reveals the mechanisms of proteolysis associated with leaf N remobilization and the respective contributions of leaves and stems to N storage and remobilization during seed filling. *BMC Plant Biology*. 15:59

■ Gironde A., Poret M., Etienne P., Trouverie J., Bouchereau A., Le Caherec F., Leport L., Orsel M., Niogret M.-F., Deleu C., Avice J.-C. 2015. A profiling approach of the natural variability of foliar N remobilization at the rosette stage gives clues to understand the limiting processes involved in the low N use efficiency of winter oilseed rape. *Journal of Experimental Botany*. 66 (9), 2461-73.

■ Micheletti D., Dettori M.T., Micali S., Aramini V., Pacheco I., Foschi S., Banchi E., Quilot B., Barreneche T., Lambert P., Pascal T., Iglesias I., Carbó J., Wang L., Ma R.J., Gao Z.S., Caprera A., Troglio M., Bassi D., Rossini L., Verde I., Laurens F., Arús P., Aranzana M.J. 2015. Whole-genome analysis of diversity and SNP-major gene association in Peach Germplasm. *PLoS One*. 10(9) : e0136803

■ Muranty H., Troglio M., Ben Sadok I., Al Rifai M., Auwerkerke A., Banchi E., Velasco R., Stevanato P., van de Weg W.E., Di Guardo M., Kumar S., Laurens F., Bink M.C.A.M. Accuracy and responses of genomic selection on key traits in apple breeding. *Horticulture Research* 2, 15060

■ Porto D.D., Bruneau M., Perini P., Anzanello R., Renou J.P., Santos H.P., Fialho FB. & Revers LF. 2015. Transcription profiling of the chilling requirement for bud break in apples: a putative role for FLC-like genes. *Journal of Experimental Botany*. 66(9):2659-72

■ Timm Storch T., Finatto T., Pegoraro C., Dal Cero J., Laurens F., Rombaldi C., Quecini V., Girardi C.L. 2015 Ethylene-dependent regulation of an α-L-arabinofuranosidase is associated to firmness loss in 'Gala' apples under long term cold storage *Food Chemistry* 182:111-9

■ Zaag R., Tamby J.P., Guichard C., Tariq Z., Rigail G., Delannoy E., Renou J.P., Balzergue S., Mary-Huard T., Aubourg S., Martin-Magniette M.L. & Brunaud V. 2014. GEM2Net: from gene expression

modeling to -omics networks, a new CATdb module to investigate Arabidopsis thaliana genes involved in stress response. *Nucleic Acids Research*. doi: 10.1093/nar/gku1155

■ Zhang H., Dugé de Bernonville T., Body M., Glevarec G., Reichelt M., Unsicker S., Bruneau M., Renou J.P., Huguet E., Dubreuil G. & Giron D. 2015. Leaf-mining by Phyllonorycter blancardella reprograms the host-leaf transcriptome to modulate phytohormones associated with nutrient mobilization and plant defense. *Journal of Insect Physiology*. 84:114-27

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

■ Xu L., Buck-Sorlin G. 2015. "Simulating Genotype-Phenotype Interaction Using Extended Functional-Structural Plant Models: Approaches, Applications and Potential Pitfalls", *Crop systems Biology* pp 33-53

Communications colloques

■ Dheilly E., Le Gall S., Guillou M.-C., Bonnin E., Orsel M., Renou J.-P., Lahaye M. Cell walls evolution during apple development and ripening. *Plant Cell Walls Gordon Research Seminar*. Waltham USA. 11-12 juillet 2015.

■ Mikol S, Bruneau M, Celton JM, Le Gall S, Francin-Allami M, Juchaux M, Laurens F, Orsel M, Renou JP. (2015) Multiscale investigation of mealiness in apple: an atypical role for a pectin methylesterase during fruit maturation. *COST QualityFruit FA1106*, Lisbonne septembre 2015

■ Mikol S, Bruneau M, Celton JM, Le Gall S, Francin-Allami M, Juchaux M, Laurens F, Orsel M, Renou JP. (2015) Multiscale investigation of mealiness in apple: an atypical role for a pectin methylesterase during fruit maturation. *Fruit Structure 2015*, Angers France novembre 2015.

Mémoires de thèse et HDR

■ Mikol-Segonne S. 2015. Agrocampus Ouest Spécialité Biochimie - Biologie Moléculaire et cellulaire. Etude des réseaux de régulation de gènes qui gouvernent l'élaboration de la texture de la pomme.

Mémoires de stages

■ Marc M. 2015. Master 1 Biologie et Technologie du Végétal - Université d'Angers. Identification des gènes marqueurs précoces potentiellement impliqués dans l'apparition de l'échaudure superficielle chez 'Granny Smith'.

Equipe FungiSem

Revue scientifique à comité de lecture

■ Barret M., Briand M., Bonneau S., Préveaux A., Valière S., Bouchez O., Hunault G., Simoneau P., Jacques M.A. 2015. Emergence shapes the structure of the seed microbiota. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(4), 1257-1266.

■ Calmes B., N'Guyen G., Dumur J., Agusti-Brisach C., Campion C., Iacomì-Vasilescu B., Pigné S., Dias E., Macherel D., Guillemette T., Simoneau P., 2015. Glucosinolate-derived isothiocyanates impact mitochondrial function in fungal cells and elicit an oxidative stress response necessary for growth recovery. *Frontiers in Plant Science*, 6, 414.

■ Calmes B., Morel-Rouhier M., Bataillé-Simoneau N., Gelhaye E., Guillemette T., Simoneau P., 2015. Characterization of *Alternaria brassicicola* glutathione transferases involved in protection against Brassicaceae defenses metabolites. *BMC Microbiology*, 8, 16-29.

■ Le Clerc V., Suel A., Pawelec A., Marques S., Huet S., Lecomte M., Poupard P., Briard M. 2015. Is there variety × isolate interaction in the polygenic quantitative resistance of carrot to *Alternaria dauci*? *Euphytica*, 202, 235-243.

■ Rousseau C., Hunault G., Gaillard S., Bourbeillon J., Montiel G., Simier P., Campion C., Jacques M.A., Belin E., Boureau T. 2015. Phenoplant: a web resource for the exploration of large chlorophyll fluorescence image datasets. *Plant Methods*, 11, 24.

Communications colloques

■ Bastide F., Sérandat I., Poupard P., Simoneau P., Grimault V., Gombert J., Morel E., Kolopp J., Guillermin P.L., Laurent E., 2015, Umbel browning and stem necrosis on carrot in France: iso-

lation and characterization of the fungal pathogen, XVIII. International Plant Protection Congress, 24-27 août.

■ Gombert J., Bastide F., Sérandat I., Poupard P., Simoneau P., Grimault V., Morel E., Kolopp J., Guillermin P.L., Laurent E., 2015, Grillures d'ombelles et nécroses de la tige dues à *Diaporthe angelicae* / *Phomopsis dauci* sur carotte portegraine en France, 11ème Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes, 7-9 décembre.

■ N'Guyen G., Marchi M., Dias E., Pochon S., Calmes B., Bataillé-Simoneau N., Campion C., Simoneau P., Guillemette T., 2015, Roles of hydrophylin-like protein in the filamentous fungus *Alternaria brassicicola*, 28th Fungal Genetics Conference, 17-22 mars.

■ N'Guyen G., Marchi M., Dias E., Pochon S., Calmes B., Bataillé-Simoneau N., Campion C., Simoneau P., Guillemette T., 2015, Roles of hydrophylin-like protein in the filamentous fungus *Alternaria brassicicola*, 9ème Colloque de la Société Française de Phytopathologie, 2-5 juin.

■ Simoneau P., 2015, Signaling pathways activated in response to phytoalexins : the Achilles' heel for necrotrophic fungi, International seminar on Sustainable management of plant health, University Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

■ Simoneau P., Guillemette T., Bataillé-Simoneau N., Helesbeux J.J., Richomme P., Dumur J. 2015, Signaling pathways activated after exposure to phytoalexins: an Achilles' heel for necrotrophic fungi?, XVIII. International Plant Protection Congress, 24-27 août.

Mémoires de thèse et HDR

■ N'Guyen G. 2015. Doctorat de l'Université d'Angers. Etudes des déterminants moléculaires impliqués dans la capacité de transmission d'*Alternaria brassicicola* aux semences d'*Arabidopsis thaliana*

Mémoires de stages

■ Mouches C. 2015. Master 1 BTV, Université d'Angers, Rôle des hydrophilines dans la tolérance aux stress oxydatif, osmotique et hydrique chez *Alternaria brassicicola*.

■ Renaux Y. 2015. Master 2 BioVIGPA, Université d'Angers, Rôle de métabo-

lites secondaires hydrophobes dans le pouvoir pathogène du champignon nécrotrophe *Alternaria dauci*.

Equipe GDO

Revue scientifique à comité de lecture

■ Magnard J.-L., Rocchia A., Caissard J.-C., Vergne P., Sun P., Hecquet R., Dubois A., Hibrand-Saint Oyant L., Jullien F., Nicole F., Raymond O., Huguet S., Baltenweck R., Meyer S., Claudel P., Jeauffre J., Rohmer M., Foucher F., Hugueney P., Bendahmane M., Baudino S. 2015. Biosynthesis of monoterpene scent compounds in roses. *Science* 349, 81-83.

■ Rameau C., Bertheloot J., Leduc N., Andrieu B., Foucher F., Sakr S. 2015. Multiple pathways regulate shoot branching. *Frontiers in Plant Science* vol. 5 – 741.

■ Moura M., Carine MA, Malécot V, Lourenço P, Schaefer H, Silva L. 2015. A taxonomic reassessment of *Viburnum* (Adoxaceae) in the Azores. *Phytotaxa* 210 : 4-23.

■ Otagaki S., Ogawa Y., Hibrand-Saint Oyant L., Foucher F., Kawamura K., Horibe T., Matsumoto S. 2015. Genotype of FLOWERING LOCUS T homologue contributes to flowering time differences in wild and cultivated roses. *Plant Biology* 202: 161-173.

■ Rameau C., Bertheloot J., Leduc N., Andrieu B., Foucher F., Sakr S. 2015. Multiple pathways regulate shoot branching. *Frontiers in Plant Science* vol. 5 – 741.

■ Roman H, Rapicault M, Miclot AS, La-reunodie M, Kawamura K, Thouroude T, Chastellier A, Lemarquand A, Dupuis F, Foucher F, Lousteau S, Hibrand-Saint Oyant L. 2015. Genetic analysis of the flowering date and number of petals in rose. *Tree Genetics and Genomes* 11:85.

■ Kawamura K, Hibrand-Saint Oyant L, Thouroude T, Jeauffre J, Foucher F. 2015. Inheritance of garden rose architecture and its association with flowering behaviour. *Tree Genetics and Genomes* 11:22.

Autres revues scientifiques

■ Foucher F., Hibrand-Saint Oyant L., Hamama L., Sakr S., Nybom H., Baudino S., Caissard J.P., Byrne D.M., Smulder J.M.S., Desnoyé B., Debener T., Bruneau A., De Riek J., Matsumoto S., Torres A.,

Millan T., Amaya I., Yamada K., Winker P., Zamir D., Gouzy J., Sargent D., Bendahmane M., Raymond O., Vergne P., Dubois A., Just J. 2015. Towards the rose genome sequence and its use in research and breeding. *Acta Horticulturae* 1064: 167-175.

■ Hamama L., Cesbron D., Voisine L., Lecerf M., Jareno C., Dorion N., Foucher F., Sakr S., Hibrand-Saint Oyant L. 2015. Effects of carbohydrate sources and BAP concentrations on in vitro morphogenesis of four rose genotypes. *Acta Horticulturae* 1083:75-83

Communications colloques

■ Foucher F. 2015. Deciphering recurrent blooming 17th World Rose Conventions, Lyon (May 27th to June 1st, 2015).

■ Foucher F., Oghina-Pavie C. 2015. Représentations actuelles de la diversité des rosiers du XIXe siècle. Le rôle des figures dans une étude interdisciplinaire histoire-génétique. XXIème édition des journées de la SHESVie (March 26-27, 2015).

■ Malécot V. 2015. Deux siècles de classification des roses sauvages et cultivées, Roses, mettez-vous au parfum, Colloque scientifique de la SNHF, Lyon, May 29, 2015.

■ Mandô B., Liorzou M. 2015. The Noisette rose project in France, 17th World Rose Conventions, Lyon (May 27th to June 1st, 2015).

Equipe MitoStress

Revue scientifique à comité de lecture

■ Avelange-Macherel D., Payet N., Lallane D., Neveu M., Tolleter D., Burstin J., Macherel D. 2015. Variability within a pea core collection of LEAM and HSP22, two mitochondrial seed proteins involved in stress tolerance. *Plant Cell Environment* 38: 1299-1311.

■ Allorement G., Osorio S., Ly Vu J., Falconet D., Jouhet J., Kuntz M., Fernie AR, Lerbs-Mache S., Macherel D., Courtois F., Finazzi G. 2015. Adjustments of embryonic photosynthetic activity modulate seed fitness in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist* 205: 707-719.

■ Sechet J., Roux C., Plessis A., Effroy D., Frey A., Perreau F., Krieger-Liszskay A., Macherel D., North H.M., Mireau H., Marion-Poll A. 2015. The ABA-deficiency suppressor locus HAS2 encodes the PPR protein LO11/MEF11 involved in mitochondrial RNA editing. *Molecular Plant*, 8: 644-656.

■ Calmes B., Nguyen G., Dumur J., Agusti-Brisach C., Campion C., Iacomini B., Pigné S., Dias E., Macherel D., Guillemette T., Simoneau P. 2015. Glucosinolate-derived isothiocyanates impact mitochondrial function in fungal cells and elicit an oxidative stress response necessary for growth recovery. *Frontiers in Plant Science* 6: 414.

■ Wagner S., Smrutisanjita B., De Bortoli S., Logan D.C., Fuchs P., Carraretto L., Teardo E., Cendron L., Nietzel T., Fubl M., Doccula F.G., Navazio L., Fricker M.D., Van Aken O., Finkemeier I., Meyer A.J., Szabo I., Costa A., Schwarzlander M. 2015. The EF-hand Ca²⁺ binding protein MICU choreographs mitochondrial Ca²⁺ dynamics in *Arabidopsis*. *The Plant Cell* 27: 3190-3212.

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

■ Ekanayake D.S.B., El Zawily A.M., Logan D.C. 2015. Visualising and quantifying plant mitochondrial dynamics. *Methods in Molecular Biology, Springer Protocols Series Vol 1305* ISBN: 978-1-4939-2638-1.

Communications colloques

■ Avelange-Macherel M.-H., Candat A., Neveu M., Macherel D. 2015. Two paralogous proteins differing in subcellular localization reveal essential features of the targeting sequence for mitochondrial import. *International Congress on Plant Mitochondrial Biology 2015*. Wroclaw, Poland, 17-22 May 2015.

■ El Zawily A.M., Schwarzlander M., Johnston I.G., Benamar A., Macherel D., Jones N.S., Logan D.C. 2015. A FRIENDLY handshake regulates mitochondrial distribution, fusion, and quality control. *Botanical Microscopy 2015*, Royal Microscopy Society. Exeter UK, 19 - 23 April 2015.

■ Paszkiewicz G., Macherel D., Logan D.C. 2015. Reactivation of mitochondrial bioenergetics and dynamics during

germination of *Arabidopsis thaliana* seed. *International Congress on Plant Mitochondrial Biology 2015*. Wroclaw, Poland, 17-22 May 2015.

Mémoires de stages

■ Rethoré E. 2015. Analyse physiologique et métabolique de l'acclimatation et de la réponse au stress thermique chez *Arabidopsis thaliana*. Mémoire de stage M2 BioVigPa, juin 2015.

Equipe QuaRVeg

Revue scientifique à comité de lecture

■ Jourdan M., Gagné S., Dubois-Laurent C., Maghraoui M., Huet S., Suel A., Hamama L., Briard M., Peltier D., Geoffriau E. 2015. Carotenoid content and root color of cultivated carrot: a candidate-gene association study using an original broad unstructured population. *PLoS ONE*: 1-19.

■ Le Clerc V., Suel A., Pawelec A., Marques S., Huet S., Lecomte M., Poupard P., Briard M. 2015. Is there variety × isolate interaction in the polygenic quantitative resistance of carrot to *Alternaria dauci*? *Euphytica* 202: 235-243.

■ Le Clerc V., Marques S., Suel A., Huet S., Hamama L., Voisine L., Auperpin E., Jourdan M., Barrot L., Prieur R., Briard M. 2015. QTL mapping of carrot resistance to leaf blight with connected populations: stability across years and consequences for breeding. *Theoretical & Applied Genetics* 128: 2177-2187.

Mémoires de stages

■ Hartmann L. 2015. Master 2 Biovigpa- Université d'Angers, de Bretagne Occidentale, de Nantes, de Poitiers, de Rennes 1, de Tours et Agrocampus-Ouest. Régulation de la biosynthèse des caroténoïdes dans le xylème et le phloème de la racine de carotte.

■ Renaux Y. 2015. Master 2 Biovigpa- Université d'Angers, de Bretagne Occidentale, de Nantes, de Poitiers, de Rennes 1, de Tours et Agrocampus-Ouest. Rôle des métabolites secondaires hydrophobes dans le pouvoir pathogène du champignon nécrotrophe *Alternaria dauci*.

Equipe ResPom

Revue scientifique à comité de lecture

■ Bourget R., Chaumont L., Durel C.E., Sapoukhina N., 2015. Sustainable deployment of QTLs conferring quantitative resistance to crops: first lessons from a stochastic model. *New Phytologist* 206:1163-1171.

■ Caffier V., Patocchi A., Expert P., Bellanger M.N., Durel C.E., Hilber-Bodmer M., Broggin G.A.L., Groenwold R., Bus V.G.M., 2015. Virulence characterization of *Venturia inaequalis* reference isolates on the differential set of *Malus* hosts. *Plant Disease* 99:370-375.

■ Cova V., Lasserre-Zuber P., Piazza S., Cestaro A., Velasco R., Durel C.E., Malnoy M., 2015. High-resolution genetic and physical map of the Rvi1 (Vg) apple scab resistance locus. *Molecular Breeding* 35:1-13.

■ Degrave A., Siamer S., Boureau T., Barny M.A., 2015. The AvrE superfamily: Ancestral type III effectors involved in suppression of PAMP-triggered immunity. *Molecular Plant Pathology* 16:899-905.

■ Leforestier D., Ravon E., Muranty H., Cornillé A., Lemaire C., Giraud T., Durel C.E., Branca A., 2015. Genomic basis of the differences between cider and dessert apple varieties. *Evolutionary Applications* 8:650-661.

■ Lopez G., Pallas B., Martinez S., Lauri P.E., Regnard J.L., Durel C.E., Costes E., 2015. Genetic variation of morphological traits and transpiration in an apple core collection under well-watered conditions: towards the identification of morphotypes with high water use efficiency. *PLOS One* 10(12):e0145540.

■ Montanari S., Guérif P., Ravon E., Denancé C., Muranty H., Velasco R., Chagné D., Bus V.G.M., Robert P., Perchepped L., Durel C.E., 2015. Genetic mapping of *Cacopsylla pyri* resistance in an interspecific pear (*Pyrus* spp.) population. *Tree Genetics & Genome* 11:74-87.

■ Muranty H., Troglio M., Ben Sadok I., Al Rifai M., Auwerkerke A., Banchi E., Velasco R., Stevanato P., van de Weg W.E., Di Guardo M., Kumar S., Laurens F., Bink M.C.A.M., 2015. Accuracy and responses of genomic selection on key traits in apple breeding. *Horticulture Research* 2:15060.

■ Perchepped L., Leforestier D., Ravon E., Guérif P., Denancé C., Tellier M., Terakami S., Yamamoto T., Chevalier M., Lespinasse Y., Durel C.E., 2015. Genetic mapping and pyramiding of two new pear scab resistance QTLs. *Molecular Breeding* 35:197-210.

■ Suprun I., Ushakova Y.V., Tokmakov S.V., Durel C.E., Denancé C., Ul'yanovskaya E.V., 2015. Genetic diversity study of modern Russian apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars by the SSR loci analysis. *Sel'Skokhozaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology (RU)]* 50:37-45.

Communications colloques

■ Bianco L., Durel C.E., Micheletti D., Linsmith G., Cestaro A., Di Guardo M., Kerschbamer E., Di Pierro E., Banchi E., Muranty H., Laurens F., van de Weg E., Velasco R., Troglio M., 2015. High density genotyping tools (20K/487K SNPchips) and apple genome improvement. XIV EUCARPIA Fruit Breeding and Genetics Symposium, 14-18 June 2015, Bologna, Italy.

■ Calmes B., Leroy T., Biessy A., Guillemette T., Sannier M., Expert P., de Gracia M., Charrier A., Collemare J., Caffier V., Vergne E., Chevreau E., Durel C.E., Lemaire C., Le Cam B., 2015. Coupling evolutionary dynamics of *Venturia inaequalis* effectors and functional genomic to decipher mechanisms of virulence and to identify durable resistance genes in apple. 28th Fungal Genetic Conference, 17-22 March 2015, Pacific Grove, USA.

■ Charrier A., Calmes B., Caffier V., Lemaire C., Collemare J., Guillemette T., Renou J-P., Chevreau E., Durel C.E., Le Cam B., Vergne E., 2015. An evolutionary stable effector in *Venturia inaequalis* modulates apple defense gene expression. International Plant Protection Congress (IPPC), 24-27 August 2015, Berlin.

■ Costes E., Laurens F., Durel C.E., 2015. La construction d'idéotypes de variété de pommier pour des vergers agronomiquement performants et à faibles intrants. *Les Rencontres du Végétal*, 12-13 Janvier 2015, Angers, France.

■ Dall'Agata M., Pagliarani G., Troglio M., Durel C.E., Dapena E., Miñarro M., Tartarini S., 2015. Towards a physical map of a *Dysaphis plantaginea* resistance locus from the apple cultivar 'Florina'.

XIV EUCARPIA Fruit Breeding and Genetics symposium, 14-18 June 2015, Bologna, Italy).

■ Di Pierro E.A., Gianfranceschi L., Kruisselbrink J.W., Bink M.C.A.M., Voorrips R.E., Di Guardo M., Koehorst van Putten H., Longhi S., Bianco L., Troglio M., Micheletti D., Velasco R., Gustavsson L., Tartarini S., Pagliarani G., Muranty H., van de Weg E., 2015. Construction and application of a multi-parental high density SNP linkage map of apple. XIV EUCARPIA Fruit Breeding and Genetics Symposium, 14-18 June 2015, Bologna, Italy.

■ Durel C.E., 2015. Les marqueurs moléculaires au service de l'amélioration génétique du pommier. Salon International du Val de Loire, 15 Janvier 2015, Angers, France.

■ Lopez G., Pallas B., Martinez S., Lauri P.E., Regnard J.L., Durel C.E., Costes E., 2015. High-throughput phenotyping of an apple core-collection: identification of genotypes with high water use efficiency. VIII International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, 8-11 June 2015, Lleida, Spain.

■ Lopez G., Pallas B., Martinez S., Lauri P.E., Regnard J.L., Durel C.E., Costes E., 2015. Heritability and genetic variation of plant biomass, transpiration, and Water Use Efficiency for an apple core-collection. XIV EUCARPIA Fruit Breeding and Genetics symposium, 14-18 June 2015, Bologna, Italy.

■ Muranty H., Troglio M., Ben Sadok I., Al Rifai M., Auwerkerke A., Banchi E., Velasco R., Stevanato P., van de Weg E., Di Guardo M., Laurens F., Bink M.C.A.M., 2015. Genomic selection in apple: a multiple years pilot study on quantitative and ordinal traits. XIV EUCARPIA Fruit Breeding and Genetics Symposium, 14-18 June 2015, Bologna, Italy.

■ Muranty H., Urrestarazu J., Denancé C., Leforestier D., Ravon E., Guyader A., Guisnel R., Feugey L., Tartarini S., Dondini L., Gregori R., Lateur M., Houben P., Sedlak J., Paprstein F., Ordidge M., Nybom H., Garkava-Gustavsson L., Troglio M., Bianco L., Velasco R., Bink MCAM, Laurens F., Durel CE, 2015. Genome Wide Association Study of two phenology traits (flowering time and maturity date) in apple. XIV EUCARPIA Fruit Breeding and Genetics symposium, 14-18 June 2015, Bologna, Italy.

UMR IRHS

Actions de culture scientifique et technique

- 8 stands à la fête de la Science à Terra Botanica, 3 et 4 octobre 2015 :
 - Le rosier dans tous ses états (GDO/CERHIO).
 - Noir c'est noir, ça fait tache sur mon rosier (GDO).
 - Culture in vitro des rosiers, voire d'autres plantes ornementales (GDO).
 - Quand l'acidité devient sucrée ! (Epi-Center).
 - Voir le rosier sous tous les angles (Arch-E).
 - Les maladies des plantes dues à des champignons (FungiSem).
 - Les facteurs complexes qui régissent la texture et la valeur santé de la pomme (avec FruitQual).
 - Games of genes (BioInformatique).
- 4 conférences à la fête de la Science à Terra Botanica, 3 et 4 octobre 2015 :
 - Limami Anis, 2015. Microorganismes et plantes unis dans une symbiose bénéfique pour l'environnement. Conférence.
 - Foucher Fabrice, 2015. Pourquoi sequencer le génome de la rose ?
 - Belin Joseph, 2015. Mutagenèse sur plantes ornementales.
 - Le Cam Bruno, 2015. Protégeons nos plantes: En route pour des résistances durables
- Journée Entreprises-Recherche, 8 décembre 2015, à l'Université d'Angers:
 - Poupard Pascal, 2015. Les grillures d'ombelles dues à Diaporthe spp. sur carotte porte-graines : une maladie ré-émergente.
 - Leduc Nathalie, 2015. Maîtrise de la lumière et autres facteurs de l'environnement dans les nouveaux systèmes de production.
 - Teulat Béatrice, 2015. Déterminisme de la croissance des plantules avant levée au froid.
 - Sapoukhina Natalia, 2015. Modélisation au service de la gestion des variétés résistantes.
 - Orsel Mathilde, 2015. Génétique et génomique fonctionnelles pour la qualité des fruits. Functional genetic and genomic for Fruit Quality. Texture de la pomme et stockage au froid.

- Conférence à l'occasion de l'inauguration du Campus du Végétal, 9 septembre 2015, Angers :
 - Bucher Etienne, 2015. L'épigénétique. Comment les plantes transmettent-elles une information d'une génération à l'autre indépendamment de l'héritage génétique ?
 - Boureau Tristan et Marie-Agnès Jacques, 2015. Le phénotypage. Comment caractériser rapidement un très grand nombre de paramètres étudiés sur les plantes (qualité des semences, développement et qualité de la plante, symptômes de maladies...)?
- Communications orales sur la botanique :
 - Malécot V. 2015. Savoirs fondamentaux et outils incontournables pour la connaissance des végétaux. Salon du Végétal, Angers (February 15-17, 2015).
- Communications orales sur l'épigénétique :
 - Bucher Etienne, 2015. Présentation sur l'épigénétique. DNA Day 2015, Institut Municipal, Angers, 29 avril 2015.
- Communications orales sur les SDP (stimulateurs de défense des plantes) :
 - Brisset Marie-Noëlle, 2015. Fonctionnement des SDP. Voyage d'étude de la Commission d'Evaluation des Essais Biologiques (CEB), Tours, 23 avril 2015.
 - Brisset Marie-Noëlle, 2015. Qu'attendre des SDP ou Stimulateurs de Défense des Plantes. Assemblée Générale du CEFEL, Montauban, 27 avril 2015.
 - Brisset Marie-Noëlle, 2015. Identifier les mécanismes mis en jeu : vers une transposition de la démarche qPFD des SDP aux biostimulants ? Journée "Le point sur les Biostimulants" organisée par VEGEPOLYS, Angers, 27 mai 2015.
- Film d'animation : RoadMovie « Les plantes font de la résistance » (EcoFun, ResPom, BioInfo, FungiSem).
- Buck-Sorlin G., Delaire M. 2015. "Des plantes virtuelles pour relever les défis d'une horticulture durable », Jardins de France 637, septembre-octobre 2015.

- Pagliarani G., Durel C.E., Denancé C., Lespinasse Y., Rat E., Dapena E., Miñarro, M., Troggio M., Tartarini S., 2015. Fine mapping of the rosy apple aphid resistance Dp-fl locus on Linkage Group 8 of the apple cultivar Florina. XIV EU-CARPIA Fruit Breeding and Genetics symposium, 14-18 June 2015, Bologna, Italy.

Mémoires de thèse et HDR

- Leforestier D., 2015. Thèse Université d'Angers, Localisation de régions du génome du pommier contrôlant la variation de caractères de qualité du fruit et de résistance aux maladies: signature de sélection et génétique d'association.
- Montanari S., 2015. Thèse Université d'Angers Identification and mapping of genomic regions controlling fire blight and psylla resistance and hybrid necrosis in pear.

Mémoires de stages

- Philibert M., 2015. Master 2 Production et Technologies du Végétal. Effet des stimulateurs de défense sur le développement du puceron cendré du pommier, *Dysaphis plantaginea* : Mise en place d'un test de criblage et étude du comportement alimentaire par électropénétrographie.
- Warneys R., 2015. Master 2 STS, spécialité : Biologie Végétale Intégrative : Gène, Plante, Agrosystème (BioVIGPA), Mode d'action d'un stimulateur de défense à fort potentiel de protection sur pommier.

Un outil pour quantifier les décolorations foliaires

Objectif

L'objectif de cette étude était de créer un outil d'analyse d'image automatisé pour quantifier précisément et de façon fiable les surfaces décolorées provoquées par les insectes vides de cellules sur les feuilles des arbres.

Contexte

La couleur des feuilles et leur surface sont des paramètres clés pour de nombreuses études dans le domaine du végétal et spécialement en protection des plantes. La quantification de plages décolorées est souvent utilisée pour évaluer l'intensité de l'attaque par un agent pathogène ou par un ravageur, pour comparer l'efficacité de différents traitements, la résistance de certaines variétés, et in fine pour concevoir des méthodes de contrôle. L'appréciation de ces zones par la vision humaine manque le plus souvent de précision et de fiabilité. Les systèmes d'analyse d'images permettent une mesure plus précise et objective, et peuvent être automatisés pour traiter un grand nombre d'échantillons.

Résultats

Un tel outil a été développé dans le cadre du projet PETAAL (Protection Environnement et Technologie des Arbres d'Alignements) et appliqué à la quantification des décolorations foliaires provoquées par le tigre du platane *Corythucha ciliata*, une petite punaise qui provoque des nuisances et des traitements phytosanitaires en ville. Le système est constitué d'une station d'acquisition avec un dispositif de succion pour aplanir la feuille, d'une caméra couleur, et d'un programme informatique de segmentation couleur automatisée, basée sur une classification originale non supervisée de l'histogramme chlorophyllien. Le logiciel dédié a été développé et intégré à une plateforme opérationnelle utilisable en routine par un non spécialiste. En comparaison à des résultats obtenus visuellement par des experts humains, cet outil est plus sensible aux artefacts et aux infections par des agents multiples, mais sans artefact, il est aussi fiable que l'expert le plus expérimenté, et plus précis.



Le tigre du platane *Corythucha ciliata* (en haut), les décolorations foliaires dues à son alimentation sur les feuilles (milieu) et l'image d'une feuille avant et après segmentation (en bas)

Perspectives

Cet outil a ensuite été mobilisé dans le cadre du projet PETAAL pour évaluer l'efficacité d'une stratégie de biocontrôle associant des applications de nématodes entomopathogènes et des lâchers d'insectes prédateurs sur les dégâts causés par le tigre. Ce projet a conduit à la commercialisation de produits de biocontrôle par les entreprises partenaires, primés lors du Salon du Végétal à Angers en 2012. L'outil peut également être adapté à d'autres types de plantes ou de bioagresseurs provoquant des décolorations foliaires.

Partenaires

Le projet PETAAL a été labélisé par le pôle de compétitivité Végépolys, financé par le Fond Unique Interministériel, et a impliqué deux laboratoires de recherche angevins (IGEPP et LARIS), deux instituts techniques (Plante et Cité et Fredon PACA) et deux entreprises de biocontrôle (KOPPERT et IFTECH) de 2009 à 2012.

Bibliographie

- Verfaillie T., Piron M., Gutleben C., Hecker C., Maury-Roberti A., Chapin E., Clément A., Jaloux B. 2015. A biocontrol strategy of the Sycamore Lace Bug *Corythucha Ciliata* (Say) (Hemiptera:Tingidae) In Urban Areas. *Acta Horticulturae*, 1099: 375-382
- Clément A., Verfaillie T., Lormel C., Jaloux B. 2015. A new colour vision system to quantify automatically foliar discoloration caused by insect pests feeding on leaf cells. *Biosystems Engineering*, 133: 128-140

Contact

Bruno Jaloux, UMR IGEPP, 2 rue Le Nôtre, 49 045 Angers cedex 1
Mél : bruno.jaloux@agrocampus-ouest.fr

Revue scientifique à comité de lecture

■ Clément A., Verfaillie T., Lormel C., Jaloux B. 2015. A new colour vision system to quantify automatically foliar discoloration caused by insect pests feeding on leaf cells. *Biosystems Engineering*, 133: 128-140.

■ Benkhellat O., Jaloux B., Moali A., Chevrier C., Monge JP. 2015. Host discrimination and egg laying in *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) ectoparasitoid of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Stored Products Research*, 61: 48-63.

Autres revues scientifiques

■ Verfaillie T., Piron M., Gutleben C., Hecker C., Maury-Roberti A., Chapin E., Clément A., Jaloux B. 2015. A bio-control strategy of the sycamore lace bug *Corythucha Ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) in urban areas. *Acta Horticulturae*, 1099: 375-382.

Revue technique

■ Guiet S., Deleglise A., Le Roux L., Estorgues V., Padé R., Biche D., Senegas I., Cocoual C. & Tricault Y. 2015. Les auxiliaires et pollinisateurs des cultures de plein champ – Les reconnaître et les favoriser. Guide pratique édité par la Chambre d'Agriculture de Bretagne. 36pp.

Communications colloques

■ Jaloux B., Pollier A., Dosdat S., Du-boit-Pot C., Crépellière S., Aligon S., Jamont M. 2015. Extrafloral nectar provisioning close to host patches increases parasitoid longevity, offspring production, recruitment, retention and host parasitism. 4th International Entomophagous Insects Conference, 4-9 october 2015. Torre del Mar, Malaga, Spain.

■ Pollier A., Tricault Y., Jaloux B., Plan-teenest M., Saphore A. & Bischoff A. 2015. The effect of landscape structure and field margin vegetation on the regulation of crop herbivores. A. Colloque Ecoveg (Ecologie végétale), Grenoble, France.

■ Tricault Y., Pollier A. & Bischoff A., 2015, La flore des bords de champ au service de la régulation des insectes ravageurs par les insectes auxiliaires ? In: 8èmes Rencontres du Végétal, Angers, France.

Mémoires de stages

■ Guillomo L. 2015. Master 2 Protection des Plantes et Environnements – Agrocampus Ouest - Relations entre la flore de bord de champ, le paysage et le service écosystémique de régulation des insectes ravageurs du colza.

■ Villeneuve A. 2015. Master 2 Sciences des Environnements Continentaux et Côtiers ECOCAEN Université de Caen – Basse-Normandie, Mise au point d'un protocole de caractérisation de la flore et de l'entomofaune des bandes fleuries.

■ Anne M. 2015, Master 1 Biologie intégrative Université de Tours, Constitution d'une base de données historiques de captures, du climat et de surfaces cultivées pour prédire l'évolution de la pression sanitaire en pucerons dans les cultures de protéagineux de l'ouest de la France.

■ Le Barazer S. 2015. Master 1 Bio-Technologies du Végétal – Université d'Angers - Influence du paysage et de la flore de bordure de champs sur la régulation des ravageurs de blé.

Le goût du cidre passé à la loupe...



© R. Symoneaux, ESA

Objectif

Objectiver le rôle des procyanidines dans la qualité sensorielle des cidres et étudier en particulier les interactions avec le fructose, l'acide, l'alcool, le dioxyde de carbone et la composante aromatique sur le goût sucré, l'acidité, l'amertume et l'astringence du cidre.

Contexte

La qualité gustative du cidre fait toujours l'objet de débats et de recherches pour parvenir à mieux maîtriser ses caractéristiques sensorielles. Cela passe par la maîtrise des procédés de fabrication et des assemblages. Parallèlement, une meilleure compréhension du rôle de plusieurs composés présents dans le cidre sur les propriétés gustatives peut permettre de faire progresser l'ensemble de la filière. Une approche sensorielle basée sur l'évaluation de solutions modèles et de cidres commerciaux a été mise en place dans ce contexte.

Résultats

Les résultats de nos travaux ont confirmé que la concentration en procyanidines et leur degré de polymérisation ont un impact déterminant sur l'amertume et l'astringence. Cette dernière sensation est d'autant plus forte que les procyanidines présents dans le cidre sont de grandes tailles. Concernant l'amertume, l'analyse précise du degré de polymérisation montre un comportement très spécifique des polyphénols issus des pommes puisque l'amertume des tétramères est renforcée par rapport aux autres tailles de molécules de procyanidines. Au-delà de ces molécules, l'ensemble des composés étudiés (le sucre, l'acide, l'alcool et le CO₂) participe également de manière importante à la construction gustative de chaque sensation étudiée. Enfin, il a été démontré que la composante aromatique peut modifier la perception des saveurs. Ainsi, une augmentation de la caractéristique sucrée en lien avec la présence de notes aromatiques "fruitée" et "caramel" est observée. Par contre, la diminution du sucré, en présence de notes de terre et de foin, n'avait jamais été observée dans la littérature. Nous faisons l'hypothèse d'un phénomène de congruence lié au fait que ces notes aromatiques sont généralement présentes dans des cidres plus amers et moins sucrés.

Perspectives

La composition du cidre et notamment sa concentration en procyanidines impacte grandement les caractéristiques organoleptiques. Pour compléter ces travaux, de nombreuses perspectives s'ouvrent à nous : la maîtrise de l'effervescence et son évaluation en bouche, l'impact de la couleur sur la perception, l'intégration des procyanidines oxydées et également, dans un autre champ d'études, une meilleure compréhension des attentes des consommateurs.

Partenaires

Institut Français Produits Cidricoles (IFPC), INRA BIA – Equipe PRP de Rennes
Collectif Ouest pour la Recherche Cidricole
Pole Agronomique Ouest
Régions Pays de la Loire et Bretagne

Bibliographie

- Symoneaux R., Chollet S., Patron C., Bauduin R., Le Quéré J. M. and Baron A. 2015. Prediction of sensory characteristics of cider according to their biochemical composition: Use of a central composite design and external validation by cider professionals. *LWT-Food Science and Technology*, 61: 63-69.
- Symoneaux R., Guichard H., Le Quéré J. M., Baron A., & Chollet and S. 2015. Could cider aroma modify cider mouthfeel properties?. *Food Quality and Preference*, 45: 11-17.
- Symoneaux R., Le Quéré J. M., Baron A., Bauduin R. and Chollet S. 2015. Impact of CO₂ and its interaction with the matrix components on sensory perception in model cider. *LWT-Food Science and Technology*, 63: 886-891.
- Symoneaux, R. 2015. Le "goût" du cidre : Exploration des interactions entre les composés chimiques et les caractéristiques organoleptiques des cidres. Thèse en Sciences agronomiques.

Contact

Ronan Symoneaux UR GRAPPE, 55 rue Rabelais
49007 Angers
Mél : r.symoneaux@groupe-esa.com

Partenariat scientifique avec l'INRA

L'année 2015 a abouti à la finalisation du projet d'unité sous contrat avec le département Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) après validation du projet par le Conseil scientifique de l'ESA puis par le Conseil Scientifique du département SAD en juin 2015. La décision favorable a été donnée par la direction scientifique de l'INRA pour un démarrage en janvier 2016. Le projet a par ailleurs été présenté en juillet 2015 aux organisations professionnelles viticoles du Val de Loire, très attentives au maintien d'une activité de recherche autour de la filière viticole dans leur région. La rencontre a été l'occasion de renforcer les liens entre l'unité et la profession viticole et de réaffirmer la nécessité d'un partenariat accru et mieux suivi entre l'unité et les responsables professionnels.

Intégration de la Maison de la recherche au Campus du Végétal

Finalisation du déménagement sur le Campus du Végétal pour les activités "analyses physico-chimiques" de l'unité. Le déménagement du matériel et d'une partie des équipes (qualité des raisins, qualité des fruits) a été réalisé en juin-juillet 2015. En plus de sa mission de responsable Qualité pour l'unité, Dominique Le Meurlay est nommée Responsable du plateau technique "Chimie et physico-chimie" du GRAPPE sur le site du Campus du Végétal et référent sécurité pour l'ESA sur le site du Campus du Végétal.

Création du living lab VégéConso

Le living lab VégéConso, créé entre l'ESA-Grappe et les 2 pôles de compétitivité, Végépolys et Terralia, a pour objectif de permettre aux entreprises de mieux intégrer le consommateur dans le processus d'innovation, soit dans un cadre individuel, soit dans un cadre collaboratif. Cet outil collaboratif permettra aux entreprises des pôles d'être accompagnées dans leur démarche d'innovation produit/service, d'accéder à des expertises scientifiques, économiques et des sciences humaines et sociales, et de confronter leurs idées, leurs concepts auprès de panels de consommateurs.

Nouvelles thèses commencées en 2015

■ **Anthony Rouault** - Développement méthodologique pour la mise en œuvre d'une démarche d'éco-quali-conception appliquée aux systèmes de production viticolesg. Thèse encadrée par Frédéric Jourjon, co-encadrée par Christel Renaud

Départ de la responsable Emira Mehinagic

Emira Mehinagic a rejoint le secteur de la recherche et développement en entreprise en juillet 2015. Dans l'attente du recrutement, un tuilage est organisé avec F. Jourjon, directrice de la recherche et membre du Grappe pour assurer le pilotage de l'unité par intérim.

Revue scientifique à comité de lecture

- Ares G., Saldamando L., Gimenez A., Claret A., Cunha L.M., Guerrero I., Pinto de Moura A., Oliveira D., Symoneaux R. and Deliza R. 2015. Consumers' associations with wellbeing in a food-related context: A cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 40: 304-2015.
- Askoura L.M., Vaudelle F. and L'Huillier J.P. 2015. Numerical study of light transport in apple models based on Monte-Carlo simulations. *Photonics*, 3:2.
- Boutakiout A., Elothmani D., Mahrouz M. and Hanine H. 2015. Effect of season on proximate composition of cladode juice of two species of cactaceae. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering research*, 3: 1 - 8.
- Boutakiout A., Elothmani D., Mahrouz M., Hmid I. and Hanine H. 2015. Phytochemical constituents and in vitro radical scavenging activity of different cladodes juice of cactacea cultivars from different areas in Morocco. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering research*, 3: 56-66.
- Brillante L., Tomasi D., Gaiotto F., Giacosa S., Torchio F., Rio Segade S., Siret R., Zouid I. and Rolle L. 2015. Relationships between skin flavonoid content and berry physical-mechanical properties in four red wine grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 197:272-279.
- Delaire M., Fatoumata S., Mehinagic E., Guillermin P., Patron C., Le Meurlay D. and Symoneaux R. 2015. Effect of apple growth pattern on fruit textural quality at harvest and after cold storage in cv. 'Braeburn'. *Scientia Horticulturae*, 194: 134-137.
- Galmarini M.V., Symoneaux R., Visalli M., Zamora M.C. and Schlich P. 2015. Static vs. dynamic liking in chewing gum: a new approach using a background task and a natural setting. *Food Quality and Preference*, 40: 381-386.
- Garbez M., Galopin G., Sigogne M., Favre P., Demotes-Mainard S. and Symoneaux R. 2015. Assessing the visual aspect of rotating virtual rose bushes by a labeled sorting task. *Food Quality and Preference*, 40 (PART B): 287-295.

- Kuznetsova A., Christensen R.H.B., Bavay C. and Brockhoff P.B. 2015. Automated Mixed ANOVA modeling of sensory and consumer data. *Food Quality and Preference*, 40: 31-38.
- Loison A., Symoneaux R., Deneulin P., Thomas-Danguin T., Fant C., Guerin L. and Le Fur Y. 2015. Exemplarity measurement and estimation of the level of interjudge agreement for two categories of French red wines. *Food Quality and Preference*, 40: 240-251.
- Sulmont-Rosse C., Maitre I., Amand M., Symoneaux R., Van Wymelbeke V., Caumon E., Tavares J. and Issanchou S. 2015. Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population: impact of age versus dependency. *Chemical Senses*, 40: 153-164.
- Symoneaux R., Chollet S., Patron C., Bauduin R., Le Quéré J.M. and Baron A. 2015. Prediction of sensory characteristics of cider according to their biochemical composition: Use of a central composite design and external validation by cider professionals. *LWT - Food science and Technology*, 61: 63-69.
- Symoneaux R., Guichard H., Le Quéré J.M., Baron A. and Chollet S. 2015. Could cider aroma modify cider mouthfeel properties? *Food Science and Technology*, 45: 11-17.
- Symoneaux R., Le Quéré J.M., Baron A., Bauduin R. and Chollet S. 2015. Impact of CO₂ and its interaction with the matrix components on sensory perception in model cider. *LWT - Food Science and Technology*, 63: 886-891.
- Tiplica T., Verron S., Gremy-Gros C., Vandewalle P. and Mehinagic E. 2015. On the quality of acoustical measures when evaluating fruits quality. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 6 (201).

Autres revues scientifiques

- Askoura M.L., Piron V., Vaudelle F., L'Huillier J.P., Madieta E. and Mehinagic E. 2015 - Experimental investigation on light propagation through apple tissue structures. *Proc. SPIE 9542, Medical Laser Applications and Laser-Tissue Interactions VII*, 954218.
- Jourjon F. 2015. Démarche et affichage environnementaux. Quelle stratégie pour la filière viticole ? *Revue des*

Oenologues - Hors série. 157.

- Jourjon F., Sigwalt A. and Symoneaux R. 2015. Démarche et affichage environnementaux (Partie 1/3) Etat des lieux et enjeux pour la filière vitivinicole. *Revue des Oenologues*, 156.
- Jourjon F., Sigwalt A. and Symoneaux R. 2015. Démarches et affichages environnementaux. Perception par les professionnels. Partie 2/3 : Quelle stratégie collective et quels leviers pour la mise en marché des vins ? *Revue des Oenologues*, 158.
- Jourjon F. and Symoneaux R. 2015. Démarches et affichage environnementaux. Quelle perception par les consommateurs ? *Revue des Oenologues*, 159.
- Le Pommellec J.Y., Piron V., Askoura M.L. and L'Huillier J.P. 2015 - Assessment of the effective attenuation coefficient of scattering media illuminated by an LED array: effect of the beam size. *Proc. SPIE 9542, Medical Laser Applications and Laser-Tissue Interactions VII*, 954218
- Siret R. and Doumouya S. 2015. Hétérogénéité et qualité de la vendange: aspects physique, physiologiques et biochimiques. *Revue des Oenologues*, 158.
- Vaudelle F., Askoura M. and L'Huillier J.P. 2015 - Assessment of tissue optical parameters in a spherical geometry using three different optical spectroscopy methods: comparison based on a theoretical approach. *Proc; SPIE 9538, Diffuse Optical Imaging V*.

Revue techniques

- Brasse C. and Piva G. 2015. Le quinoa d'Anjou affirme sa typicité et continue son expansion. *L'Avenir Agricole*, No 1706/27.
- Jourjon F. 2015. Les AOP ont une excellente image. *La Vigne*, N° 276.
- Jourjon F., Sigwalt A. and Symoneaux R. 2015. Perception des démarches environnementales par les professionnels de la filière viticole. Quelle stratégie collective et quels leviers pour la mise en marché des vins ? *Newsletter Techniloire*.
- Jourjon F. and Symoneaux R. 2015. AOC versus environnement : quelle perception par les consommateurs et quel levier pour la compétitivité des vins français ? *Newsletter Techniloire*.

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

■ Maitre I., Symoneaux R. and Sulmont-Rossé C. 2015. Conducting sensory analysis tests among the elderly. In: Rapid sensory profiling techniques and related methods, Applications in new product development and consumer research, Rapid sensory profiling techniques and related methods. Applications in new product development and consumer research, by Julien Delarue (Editor), Ben Lawlor (Editor), Michel Rogeaux (Editor) – 30 septembre 2014 – 556 p.

■ Piva G., Brasse C. and Mehinagic E. 2015 - Quinoa d'Anjou: Comienzo del Sector de Quinoa Francesa. . BAZILE D. et al. (Editores), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), Capitulo Numero 6.12.: 534-541.

Communications colloques

■ Ares G., Gimenez A., Vidal L., Yanfeng Z., Krystallis A., Tsalis G., Symoneaux R., Cunha L.M., Pinto de Moura A. and Claret A. 2015. Do we all perceive food-related wellbeing in the same way? Results from a cross-cultural study using a new wellbeing scale. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Askoura L.M., Mongondry P., Madieta E. and Mehinagic E. 2015. Optical parameters and rheological behaviour of raw apple puree effect of dilution. Colloque Fruit Structure 2015, 30 novembre - 1er décembre 2015. Angers.

■ Askoura L.M., Vaudelle F. and L'Huilier J.P. 2015. Light propagation in apple samples: Experiments Vs Monte-Carlo simulation. Colloque Fruit Structure 2015, 30 novembre - 1er décembre 2015. Angers.

■ Beauchet S. 2015 - Développement d'une méthode d'évaluation conjointe permettant l'évaluation environnementale de l'itinéraire technique viticole et l'évaluation de son effet sur la qualité du raisin. In 8ème édition de la Journée des Doctorants de la SFR QUASAV, 26 novembre 2015. Angers.

■ Beauchet S. 2015. Conception d'une méthode combinant l'évaluation

de l'impact environnemental par la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) avec l'évaluation de la qualité d'un produit ; Application à la viticulture. Septième colloque 2AD-ADEME, 3-5 février 2015. Angers.

■ Beauchet S., Renaud-Gentie C. and Jourjon F. 2015 - Analyse du Cycle de Vie, application à la viticulture In Séminaire scientifique INRA, 21 mai 2015. COLMAR.

■ Beauchet S., Renaud-Gentie C., Thiollet-Scholtus M., Siret R. and Jourjon F. 2015. Construction d'une méthode innovante pour l'évaluation de la double performance environnementale et qualité des systèmes de production viticole. Les Rencontres du Végétal, 8ème édition, 12-13 janvier 2015. Angers.

■ Beguin J., Fortin E., Guerin L. and Symoneaux R. 2015. Influence du rapport Feuille/Fruit sur le profil sensoriel et la composition aromatique de vins issus du cépage Cabernet franc en Val de Loire. 10e Symposium International d'Œnologie de Bordeaux 29 juin 2015 - 1er juillet 2015. Bordeaux.

■ Coulon-Leroy C., Alonso Moral J.M., Symoneaux R., Sutton-Charani N. and Montmain J. 2015. Consideration of uncertainty during data acquisition and processing chain on sensory data. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Dufrechou M., Ortiz A., Le Meurly D., Boissiere A., Giebfried A. and Mehinagic E. 2015. Preservation of pear quality and progression of enzymatic browning. Colloque FRUIT STRUCTURE 2015, 30 novembre - 1er décembre 2015. Angers.

■ Garbez M., Symoneaux R., Chene Y., Belin E., Sigogne M., Labatte J., Rousseau D. and Galopin G. 2015. Could image analysis predict sensory visual characteristics of rotating virtual rose bushes? 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Ikhelk A., Gremy-Gros C., Mahrouz M., Hanine H. and Elothmani D. 2015. La figue de Barbarie : valorisation d'un produit de terroir issu d'une culture adaptée aux luttes contre les changements climatiques. Conference on Control, Engineering & Information,

25, 26 et 27 mai 2015. Tlemcen, ALGERIE.

■ Jourjon F. 2015 - Démarche d'Éco-qualiconception : application aux systèmes de productions viticoles. In Séminaire CEPIA / SAD, 20 octobre 2015. Paris.

■ Jourjon F., Sigwalt A. and Symoneaux R. 2015. Perception des démarches environnementales par les professionnels de la filière viticole. Quelle stratégie collective et quel levier pour la mise en marché des vins ? Les Rencontres du Végétal - 8ème édition, 12-13 janvier 2015. Angers.

■ Maitre I. 2015 - Les préférences alimentaires des personnes âgées. In Webinaire intitulé : « Blanquette à l'ancienne » vs. « Faites-moi livrer une pizza » : une problématique des maisons de retraite... 22 janvier 2015.

■ Maitre I. 2015 - Préférences alimentaires et développement de produit pour les seniors. In Matinale OPEN LABS : Agro alimentation, qualité et environnement, 27 mars 2015. ESA, Angers.

■ Maitre I., Giboreau A., Kremer S., Mattulat I., Olsson V., Sulmont C. and Issanchou S. 2015. Workshop intitulé: APPETITE-FOR-LIFE in as sensory perspective. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Mehinagic E. 2015 - Alimentation : une des clés de la réussite. In Le Relai Santé de l'ESA, 3 mars 2015. Angers.

■ Mehinagic E. and Brasse C. 2015 - Les outils et compétences du Grappe au service des partenariats avec les entreprises. In Matinale OPEN LABS : Agro alimentation, qualité et environnement, 27 mars 2015. ESA, Angers.

■ Mingioni M. 2015 - En vieillissant, est-ce que tout a le même goût ? Capacités de discrimination gustative des seniors. Le cas des purées de pommes. In 8ème édition de la Journée des Doctorants de la SFR QUASAV, 26 novembre 2015. Angers.

■ Mingioni M., Mehinagic E., Artigas G., Laguna L., Chen J., Pirttijarvi A., Sarkar A., Van Wymelbeke V., Grabska-Kobylecka I. and Maitre I. 2015. Fruits and vegetables liking among European elderly, according to food preferences, attitudes towards food and dependency. 11th Pangborn Sensory Science

Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden

■ Mingioni M., Mehinagic E., Artigas G., Siucinska K., Konopacka D. and Maitre I. 2015. Sweet and sour discrimination abilities of elderly people in apple purees and impact on liking. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Mongondry P. 2015 - Valorisation des produits du terroir dans le monde et en Anjou. In Semaine des Vins de Loire, 4 février 2015. Angers.

■ Piva G. and Brasse C. 2015 - Quinoa d'Anjou : Le développement d'une filière. Qualité du produit et adaptation des pratiques culturales. In Carrefours de la recherche, 4 juin 2015. ESA, Angers.

■ Renaud-Gentié C., Benoit M. and Jourjon F. 2015. Analyse du cycle de vie en viticulture : quels choix méthodologiques ? Les Rencontres du Végétal - 8ème édition, 12-13 janvier 2015. Angers.

■ Renaud-Gentié C., Dijkman T., Bjorn A. and Blrkved M. 2015. Modélisation des émissions de pesticides au vignoble par le modèle Pest-LCI 2.0. Les Rencontres du Végétal - 8ème édition, 12-13 janvier 2015. Angers.

■ Siret R. and Symoneaux R. 2015 - Animation Master Class : initiation goût et vins "Donnez du sens à vos sens". In Semaine des Vins de Loire, 3 février 2015. Angers.

■ Siret R., Patron C., Chretien P., Guerin L., Beauchet S., Coulon-Leroy C. and Symoneaux R. 2015. Développement de méthodes sensorielles d'analyse du raisin pour un usage par les professionnels du vin : un outil d'aide à la décision pour le choix des itinéraires oenologiques. 10e Symposium International d'Œnologie de Bordeaux 29 juin 2015 au 1er juillet 2015. Bordeaux.

■ Symoneaux R. 2015 - Perception de la dimension environnementale par les consommateurs. In Matinale OPEN LABS : Agro alimentation, qualité et environnement, 27 mars 2015. ESA, Angers.

■ Symoneaux R., Bauduin R., Guyot S., Poupard P. and Le Quéré J.M. 2015. The Color of Cider: cider color preference and cider consumption. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-

27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Symoneaux R., Coulon-Leroy C., Lawrence G., Mehinagic E. and Maitre I. 2015. The mixed profile: a new tool of sensory analysis in a professional context. Application on wines. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Symoneaux R., Palczac J., Le Pape T., Lecomte E., Courcoux P., Le Quéré J.M., Bauduin R. and Poupard P. 2015. Are physical and perceptual color spaces similar or not: use of taxonomic sorting on cider color. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

■ Vigneau E., Courcoux P., Villiere A. and Symoneaux R. 2015 - Regression trees and random forests as a tool for identifying the volatile organic compounds implied in the olfactory perception of wines. 11th Pangborn Sensory Science Symposium 2015, 23-27 août 2015. Gothenburg, Sweden.

Mémoires de thèse et HDR

■ Boutakiout A. Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*). Diplôme de doctorat délivré par l'Université d'Angers.

■ Renaud-Gentié C. Eco-efficience des itinéraires techniques viticoles : intérêt et adaptations de l'analyse du cycle de vie pour la prise en compte des spécificités de la viticulture de qualité. Application aux itinéraires techniques de production de raisins de chenin blanc pour vins blancs secs d'AOC en moyenne vallée de la Loire. Diplôme de doctorat délivré par l'Université d'Angers.

■ Siret R.: Authentification et caractérisation de la qualité globale des raisins de cuve (*Vitis vinifera* L.) et du vin « Comment évaluer la qualité complexe d'une matière première variable et son potentiel ? » Diplôme d'habilitation à diriger des Recherches délivré par l'Université d'Angers.

■ Symoneaux R. Le "goût" du cidre : Exploration des interactions entre les composés chimiques et les caractéristiques organoleptiques des cidres.

Diplôme de doctorat délivré par l'Université d'Angers.

Mémoires de stages

■ Cozien A. Master Food Identity, Ingénieur, Groupe ESA, Angers : Vins des Coteaux du Layon : Objectivation d'un seuil d'acceptabilité pour les TAP faibles.

■ Giebfried A. Master Food Identity, Ingénieur, Groupe ESA, Angers : Aptitudes des poires à la transformation : brunissement enzymatique et les mécanismes.

■ Lescoet K. M2 Ingénieur Agroalimentaire, Spécialisation statistiques, Agrocampus Ouest Rennes : Etude de l'impact des messages environnementaux sur le lait et le vin.

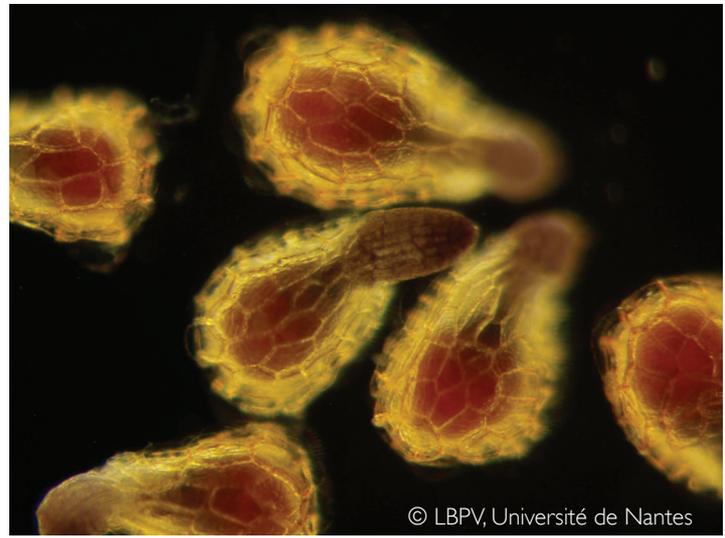
Actions de culture scientifique et technique

■ Village des sciences dédié au végétal, à Terra Botanica : La fête des Sens. 3 & 4 octobre 2015.

■ La Nuit européenne des chercheurs, 25 septembre 2015, au château d'Angers.

■ Ronan Symoneaux, 2015. Les consommateurs au cœur de la qualité. Journée d'échanges Entreprises-Recherche, 8 décembre 2015, Angers.

Contrôle épigénétique de la germination de l'orobanche rameuse



© LBPV, Université de Nantes

Graines de *Phelipanche ramosa* germées après traitement au GR24, une strigolactone de synthèse

Objectif

Identifier des mécanismes moléculaires impliqués dans la période de conditionnement de l'orobanche rameuse, phase d'acquisition de l'aptitude à germer des graines en réponse à des stimulants de germination.

Contexte

Les Angiospermes des genres *Orobanche* et *Phelipanche* sont des plantes parasites de racines. Dépourvues de chlorophylle, elles sont totalement dépendantes d'une plante hôte pour se développer. Leur germination nécessite par ailleurs la perception de stimulants de germination, majoritairement des strigolactones, exsudés par les racines de l'hôte. Cette perception conduit, chez *Phelipanche ramosa*, à la diminution du taux d'acide abscissique suite à la surexpression précoce d'un gène de son catabolisme, *PrCYP707A1*. L'induction de cette surexpression n'est cependant possible qu'au terme d'une période de conditionnement d'environ 4 jours au cours de laquelle les graines imbibées deviennent aptes à germer en réponse aux stimulants.

Résultats

Au cours de cette période de conditionnement, nous avons mis en évidence un phénomène épigénétique naturel de déméthylation exhaustive de l'ADN. L'utilisation d'agents chimiques hyperméthylant et hypométhylant nous indique que c'est en-dessous de 6% de méthylation globale des cytosines de l'ADN que les graines deviennent aptes à germer en réponse aux strigolactones. Ceci est corrélé à la possibilité d'induire le gène *PrCYP707A1* en-dessous de ce même seuil de méthylation. Bien que l'acide abscissique soit inhibiteur de la germination de l'orobanche, un apport exogène n'empêche pas la déméthylation de l'ADN, indiquant que cette hormone n'est pas inhibitrice de la période de conditionnement. Par immunoprécipitation et dosage par PCR quantitative des cytosines méthylées, nous avons pu déterminer que le promoteur du gène *PrCYP707A1* est déméthylé au cours de la période de conditionnement. Le séquençage du promoteur

du gène *PrCYP707A1* après traitement au bisulfite a en outre permis de localiser précisément une région de déméthylation de 78 pb, dans laquelle ce sont les cytosines situées dans un contexte nucléotidique CHH qui sont majoritairement impactées.

Perspectives

De manière générale, un certain nombre de modifications épigénétiques agissent en synergie avec les processus de déméthylation de l'ADN. Notamment, l'état de compaction de la chromatine, influencée par des modifications chimiques ornementant les histones, semble pouvoir gouverner l'accès aux cytosines de l'ADN pour permettre leur déméthylation. Arriver à déterminer si un tel phénomène de modification des histones est impliqué ici dans le contrôle de la déméthylation, permettrait d'identifier clairement des candidats clés dans la régulation de la période de conditionnement.

Bibliographie

■ Lechat M-M., Brun G., Montiel G., Véronési C., Simier P., Thoiron S., Pouvreau J-B. and Delavault P., 2015. Seed response to strigolactone is controlled by ABA-independent DNA methylation in the obligate root parasitic plant, *Phelipanche ramosa* L. Pomel. *Journal of Experimental Botany* 66:3129-3140.

Contact

Philippe Delavault, LBPV, 2 rue de la Houssinière
44322 Nantes Cedex 3.
Mél : philippe.delavault@univ-nantes.fr

Nouveaux projets initiés en 2015

■ **RESORBANCHE (2015-2017)** : Réseau collaboratif de l'étude de l'interaction entre *Orobanche cumana* et le tournesol pour la caractérisation génétique et fonctionnelle de la résistance. Projet collaboratif avec l'UMR CNRS-INRA LIPM de Toulouse. Financement : Promosol Tournesol. Responsable scientifique : Philippe Delavault.

■ **ORODUR II (2015-2016)** : Résistance durable à l'orobanche. Projet collaboratif avec l'UMR IGEPP Inra Rennes et le GIE Procolza. Financement : SOFIPROTEOL. Responsable scientifique : Philippe Simier

■ **HELIOR (2015-2016)** : Séquençage des génomes du tournesol et de la plante parasite *Orobanche cumana*. Projet collaboratif avec l'UMR CNRS-INRA LIPM de Toulouse, Biogemma, la Plateforme Génome et Transcriptome INRA Toulouse et CSIC Cordoue Espagne. Financement : SOFIPROTEOL. Responsable scientifique : Philippe Delavault.

PUBLICATIONS LBPV

Revue scientifique à comité de lecture

■ Delavault P., 2015. Knowing the parasite: Biology and genetics of *Orobanche*. *Helia* 38:15-29.

■ Lechat M-M., Brun G., Montiel G., Véronési C., Simier P., Thoiron S., Pouvreau J-B., Delavault P., 2015. Seed response to strigolactone is controlled by ABA-independent DNA methylation in the obligate root parasitic plant, *Phelipanche ramosa* L. Pomel. *Journal of Experimental Botany* 66:3129-3140.

■ Molinero-Ruiz L., Delavault P., Pérez-Vich B., Pacureanu-Joita M., Bulos M., Altieri E., Domínguez J., 2015. History of the race structure of *Orobanche cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research* 13: 19 pages.

■ Rousseau C., Hunault G., Gaillard S., Bourbeillon J., Montiel G., Simier P., Jacques MA., Belin E., Boureau T., 2015. Phenoplant.fr: A web resource for digging into large chlorophyll fluorescence image datasets. *Plant Methods* 11:24.

Autres revues scientifiques

■ Gaudin Z., Pouvreau J-B, Delavault P and Simier P, 2015. Interaction Colza-Orobanche rameuse : particularités métaboliques et ouverture vers des méthodes de lutte. Note de recherche, Compte-rendu de l'Académie d'Agriculture de France. <http://www.academie-agriculture.fr/publications/notes-de-recherche?page=1>

Revue techniques

■ Jestin C, Delavault P and Simier P, 2015. Orobanche rameuse : une lutte difficile mais des solutions existent. *Perspectives agricoles*, 418, 22-26.

Communications colloques

■ Delavault P. 2015. Orobanche : de la graine de... parasite. 5ème colloque du Réseau Français de Biologie des Graines, session « Développement et physiologie de la graine », Clermont-Ferrand, France, Octobre 2015.

■ Goyet V, Montiel G., Bahut M., Pelletier S., Delavault P. and Simier P. 2015. Towards the understanding of haustorium formation in the obligatory parasitic plant *Phelipanche ramosa*, 13th World Congress of Parasitic Plants, Kunming, China, Juillet 2015.

■ Lechat MM., Brun G., Montiel G., Véronési C., Simier P., Thoiron S., Pouvreau JB., Delavault P. 2015. La germination en réponse aux strigolactones des graines de la plante parasite *Phelipanche ramosa* (L.) pomel, est contrôlée par un processus de méthylation de l'ADN indépendant de l'ABA. 5ème colloque du Réseau Français de Biologie des Graines, Clermont-Ferrand, France, Octobre 2015.

■ Pouvreau JB., Lechat MM., Brun G., Thoiron S. and Delavault P. 2015. DNA methylation regulates *P. ramosa* seed germination by controlling strigolactone-dependent expression of PrCYP707A1, an ABA catabolic gene. 1st International Congress on Strigo-

lactones, Wageningen, Pays-Bas, Mars 2015.

■ Stojanova B., Delavault P. and Simier P. 2015. Genetic diversity and host preference in the parasitic weed *Phelipanche ramosa* L. Pomel, 13th World Congress of Parasitic Plants, Kunming, China, Juillet 2015.

■ Stojanova B., Delavault P. and Simier P. 2015. Adaptation of a holoparasitic plant to new hosts – genetic differentiation or phenotypic plasticity? 15th Meeting of the European Society for Evolutionary Biology (ESEB 2015), Lausanne, Suisse, Août 2015.

Mémoires de stages

■ Couedic M. 2015. Master 2 BioVIGPA, Université de Poitiers. Caractérisation des composés allélopathiques vis-à-vis de l'orobanche rameuse extraits de Fabacées dans le contexte des cultures associées colza-Fabacées.

■ Cayron M. 2015. Master 2 Produits naturels : isolement et analyse, Université Paris-Sud. Application de techniques analytiques avancées à l'identification de molécules messagères de *Cannabis sativa*.

Le LEVAbag, outil de diagnostic de la fertilité des sols



Installation d'un LEVAbag^{MD}

Objectif

La profession agricole exprime une forte demande d'outils d'évaluation de la fertilité des sols. Notre objectif est de proposer un outil simple d'évaluation de la dégradation de résidus de culture par l'activité des organismes du sol.

Contexte

Le projet AGRINNOV (2012-14) visait à mettre en place une gamme de bio-indicateurs opérationnels pour accompagner les agriculteurs dans l'évaluation de l'impact de leurs pratiques sur la fertilité de leur sol. Le LEVA a proposé un indicateur dérivé de la méthode du litter-bag (Crossley and Hoglund 1962). Il s'agit d'enfouir des sacs de nylon (maille 1 mm) remplis d'une paille de céréale de référence dans le sol. La perte massique avant et après enfouissement dans le sol durant plusieurs semaines permet d'évaluer la capacité des organismes du sol à dégrader cette matière organique. Le LEVA a poursuivi le développement de cet outil grâce à un projet MPIA (Maturation de Projet Innovant en Anjou).

Résultats

L'indicateur proposé a pris le nom de LEVAbag^{MD} et a fait l'objet d'un dépôt de marque. Son originalité est d'utiliser une matière organique standardisée, et de proposer aux agriculteurs un service de diagnostic agronomique des performances de leurs sols. Le diagnostic est réalisé grâce à un référentiel constitué par le LEVA. Le transfert de l'outil a été effectué grâce à des sessions de formations auprès du réseau des agriculteurs du projet AGRINNOV sur les indicateurs de fertilité biologique des sols. Le LEVAbag^{MD} a ainsi été testé auprès de 248 viticulteurs et agriculteurs en France, permettant de constituer un premier référentiel national d'interprétation de la dégradation des sols viticoles et de grandes cultures. Les résultats obtenus ont tout d'abord servi à élaborer un diagnostic individuel distribué sous forme de fiche diagnostic à chaque agriculteur et viticulteur. Dans un deuxième temps, la constitution d'une

base de données nationale regroupant l'ensemble des résultats du projet (résultats agronomiques, biologiques et pratiques agricoles) a permis de réaliser une première interprétation des résultats de l'indicateur LEVAbag^{MD} suivant le type de production (Vignes vs. Grandes cultures), la zone géographique (NO, NE, SO, SE) et les systèmes de culture des agriculteurs.

Perspectives

Le LEVAbag a été présenté aux Journées nationales de l'Innovation Agricoles (JIAG) du 2 et 3 novembre 2015 (Angers) comme un outil opérationnel pour l'analyse de la qualité biologique des sols agricoles. Il peut aussi être intégré à un tableau de bord complet d'indicateurs issus du projet AgrInnov. Le LEVAbag^{MD} est aujourd'hui un nouvel indicateur d'évaluation agronomique, proposé à tous les utilisateurs des sols. Le LEVA entend poursuivre le développement de cet outil.

Partenaires

Partenaires du projet AgrInnov (financement CASDAR/Région Pays-de-la-Loire) : UMR EcoBio Université Rennes I, Observatoire français des sols vivants, CA49, UMR MSE-plateforme GenoSol INRA Dijon, Unité INFOSOL INRA Orléans, ISARA LYON, IFV, ITAB. Dans le cadre du projet MPIA Agrisol, le LEVA est financé par BPI France et accompagné par Angers Technopole.

Bibliographie

■ LEVAbag 2015 – Marque déposée à l'INPI le 2 avril 2015. Bulletin officiel de la Propriété Intellectuelle (BOPI) sous le numéro 2015-17 du 24 avril 2015. Enregistrement au RNM sous le numéro 4170574.

Contact

Mario Cannavacciuolo, UP LEVA, Ecole Supérieure d'Agriculture, 55 rue Rabelais, 49007 Angers.
Mél : m.cannavacciuolo@groupe-esa.com

Faut-il associer deux légumineuses ?



© N. Carton, ESA
Association céréale-lupin blanc

Objectif

Les associations de cultures incluant deux espèces de Fabacées annuelles et/ou pérennes ainsi que leur intérêt potentiel sont très peu documentés. L'objectif de ce travail était de faire le point sur les résultats disponibles.

Contexte

L'intégration d'associations de cultures à base de légumineuses dans les systèmes de culture est actuellement considérée comme un levier pertinent pour réduire l'utilisation de fertilisants chimiques et de pesticides. De nombreux résultats obtenus dans les associations céréale-protéagineux au cours de 15 dernières années montrent que les associations conduisent notamment à des rendements plus élevés et plus stables avec une teneur en protéines de la céréale plus élevée, en raison d'une meilleure exploitation des ressources du milieu grâce aux complémentarités pour l'utilisation de l'azote et de la lumière. Dans un contexte de demande croissante en protéines végétales, les associations de légumineuses pourraient aussi offrir des perspectives intéressantes.

Résultats

Les premiers essais mis en place en Serbie et dans les pays baltes ont concerné les associations d'une Fabacée annuelle avec une Fabacée pluriannuelle ou pérenne. On peut citer par exemple l'association de pois semi-feuillus et de hauteur réduite avec du trèfle violet. L'introduction de pois a permis d'augmenter le rendement annuel en fourrage de 2,6 t.ha⁻¹ en comparaison des cultures pures et de réduire le développement des adventices dans le trèfle de 29%. Il semble que ces résultats soient dus en grande partie à une importante complémentarité entre espèces pour l'utilisation du rayonnement lumineux. Dans ce système, les trèfles se développant à l'ombre des pois augmentent leur teneur en chlorophylle et utilisent différemment les nutriments. L'association avec le pois fournit aussi un fourrage de meilleure qualité et digestibilité que le trèfle pur. Parmi

d'autres essais, certaines associations se sont avérées économiquement intéressantes comme par exemple la féverole d'hiver avec la gesse de printemps.

Perspectives

De nombreuses questions concernant le fonctionnement de ces associations devraient faire l'objet de plus de recherches afin d'améliorer la conception et la conduite de ce type de couverts végétaux, d'autant que les caractéristiques biologiques de nombreuses espèces de Fabacées demeurent très insuffisamment documentées. La réintroduction des associations de cultures dans les systèmes de cultures européens ne doit pas être considérée comme un retour à des pratiques anciennes, mais doit plutôt être vue comme une pratique moderne et innovante pouvant être couplée à la technologie et la création variétale pour le développement d'une agriculture durable et adaptée aux enjeux actuels.

Partenaires

Université de Novi Sad en Serbie

Bibliographie

■ Mikić A., Čupina B., Rubiales D., Mihailović V., Šarunaite L., Fustec J., Antanasović S., Krstić D., Bedoussac L., Zorić L., Dordević V., Perić V., Srebrić M.M. 2015. Models, developments and perspectives of mutual legume intercropping. *Advances in Agronomy*, 130, 337 – 419.

Contact

Joëlle Fustec, UP LEVA, Ecole Supérieure d'Agriculture, 55 rue Rabelais, 49007 Angers.
Mél : j.fustec@groupe-esa.com

Le LEVA a participé à l'organisation des 1^{ères} Journées nationales de l'Innovation Agricole (JIAG), au Centre des congrès d'Angers (2-3 novembre 2015), ainsi qu'aux Rencontres Francophones sur la Qualité et la Mesure (RFQM 2015), 28-30 avril 2015 à Angers, France. L'équipe a présenté aux JIAG son nouvel indicateur d'activité biologique des sols, le LEVAbag^{MD}, développé dans le cadre des projets Agrinnov (CASDAR/Région Pays-de-Loire), puis MPIA AgriSol. Un ingénieur chimiste a été recruté en CDD sur l'année 2015, dans un but d'amélioration de cet indicateur.

Le LEVA est partenaire d'un nouveau projet Régional Stratégie Internationale PLAISIR, Collaboration internationale en Pays de la Loire pour le développement et la valorisation du nouveau concept "Isotopomics", piloté par l'UMR CEISAM de Nantes, et dont le financement a pris effet en 2015.

Rim Bacchar, a été recrutée en tant qu'enseignante-chercheuse au sein du département Agronomie et Ecologie en septembre 2015. Elle est affectée au LEVA pour ses activités de recherche.

PUBLICATIONS LEVA

Revue scientifique à comité de lecture

■ Bédoussac L, Journet E-P, Hauggaard-Nielsen H, Naudin C, Corre-Hellou G, Prieur L, Jensen E S, Justes E, 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-legume intercrops in organic farming: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 4, 71-78.

■ Louarn G, Pereira-Lopès E, Fustec J, Mary B, Voisin A-S, de Faccio Carvalho P C, Gastal F, 2015. The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses in alfalfa and white clover-based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposits quality. *Plant and Soil*, 389, 289-305.

■ Mikic A, Cupina B, Rubiales D, Mihailovic V, Sarunnaite L, Fustec J, Antanasovic S, Bedoussac L, Zoric L, Dordevic L, Krstic D, Peric V, Srebric M, 2015. Models, developments and perspectives of mutual legume intercropping. *Advances in Agronomy*, 130, 337 - 419.

Autres revues scientifiques

■ Dayoub E, Naudin C, Piva G, Shirliffé S J, Corre-Hellou G, 2015. Effect of various innovative cropping systems including legumes on weed community and biomass. *Proceedings of the 17th European Weed Research Society Symposium "Weed management in changing environments"*, 23-26 June 2015, Montpellier, France, 189 p.

■ Mawois M, Aznar O, Gérard F, Trébuil G, 2015. Évolution des raisonnements agronomiques et économiques pour accompagner le changement de système de production: cas de deux exploitations agricoles. *Agronomie, Environnement & Société*, 4, 71-78.

Revue techniques

■ Naudin C, 2015. Associations blé-pois. Du fonctionnement au pilotage de la fertilisation azotée. *Agronomie, écologie et innovation*. *Revue TCS*, 82, 8-11.

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

■ Collectif (dont Hellou G et Naudin C), 2015. Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Coord. Schneider A et Huyghe C, 514 p. Éditions Quæ, Versailles.

Communications colloques

■ Bobille H, Limami A M, Robins R, Le Floch G, Fustec J, 2015. A new methodology for assessing root amino acid exudation in soil and interactions with the rhizosphere. *Rhizo4*, June 21st -26th 2015, Maastricht, The Netherlands. Poster.

■ Drut B, Cassagne N, Cannavacciuolo M, Lefloch G, Fustec J, 2015. Effect of plant cover diversity on soil organisms: a preliminary study. *Proceedings of Rhizo4*, June 21st -26th 2015, Maastricht, The Netherlands. Poster.

■ Hellou G, 2015. Interactions entre facteurs biotiques et fonctionnement des associations végétales. In "La gestion des maladies, des parasites et des ravageurs", 1^{ères} journées «De la recherche à l'action en agriculture biologique». 5 fév. 2015, Gembloux, Belgique.

■ Cannavacciuolo M, 2015. Le LEVAbag^{DM} D'un outil de terrain pour évaluer la vitesse de dégradation des matières organiques dans vos sols... à la genèse d'un laboratoire analytique. *Journée nationale de l'Innovation agricole*, 2-3 novembre 2015, Centre des Congrès, Angers.

■ Naudin C, 2015. Fertilisation azotée et associations céréale-légumineuse récoltées en graines ou en fourrage. 12^{èmes} Rencontres 2015 du Comifer, 18-19 nov. 2015, Lyon, France.

■ Renaud S, 2015. Processus d'accueil pour les stagiaires – Le soleil d'accueil. *Rencontres Francophones sur la Qualité et la Mesure - RFQM 2015 - 28 au 30 avril 2015 à Angers, France.*

■ Ravenel C, Deneufbourg F, Pareau Y, Casals M-L, Coste F, Hellou G, 2015. Semis de féтуque élevée sous couvert de légumineuses : impact sur les fournitures en azote pour la graminée fourragère porte-graine. *Journées de l'AFPF*, 8 et 9 avril 2015, FIAP Jean Monnet, Paris, France.

Mémoires de stages

■ Barzac L, 2015. M1 Protev, Université d'An-

gers. Modifications de la composition en acides aminés dans la rhizosphère du pois protéagineux et du maïs, induites par un stress hydrique.

■ Blanchard C, 2015. M1 ESITPA, Mont Saint Aignan. Acquisition et synthèse de connaissances sur les performances et services écosystémiques des légumineuses au sein des systèmes de culture.

■ Emiel R, 2015. Master 2 Recherche BioVIGPA, Univ. Tours. Contribution à l'étude de la gestion du soufre dans les associations de culture colza-légumineuse en lien avec l'alimentation azotée.

■ Français M, 2015. M2 SPV IA, AgroCampus Ouest. Evaluation des performances de durabilité de systèmes de culture innovants en agriculture biologique.

■ Harnois M, 2015. M2 Méthodes stochastiques et informatiques pour la décision, Univ. Pau. Bio-indicateurs de la qualité biologique des sols : analyses de données et construction de modèles d'interprétation des indicateurs.

■ Péligny C. 2015. M1 'Production, filière, territoire pour le développement durable' AgroParisTech Quantification de l'azote rhizodéposé par les Fabacées au cours de leur cycle, par turnover racinaire.

■ Verdier M, 2015. M1 Ingénieur en formation continue, ESA Angers. Effets de l'insertion de légumineuses dans des systèmes de production de maïs semence.

Actions de culture scientifique et technique

■ Carton N, Hellou G, Naudin C, Cassagne N, Piva G, Renaud S, Fustec J, 2015. La nuit européenne des chercheurs. Château d'Angers, 25 septembre 2015.

■ Fustec J. 2015. Les légumineuses, au carrefour des défis de l'agriculture et de l'alimentation. Journée d'échanges Entreprises-Recherche co-organisée par l'équipe animatrice d'Objectif Végétal et le pôle de compétitivité Végépolys, 8 décembre 2015, Angers

■ Fustec J. 2015. Les protéines du futur. Cycle de conférences sur l'alimentation et le changement climatique organisé par Terre des Sciences. Institut Municipal, 18 novembre 2015, Angers.

Utilisation du DEET pour optimiser l'efficacité d'un insecticide

© LBPV, Université de Nantes

Objectif

L'objectif de cette étude est de développer une nouvelle stratégie de lutte contre les insectes nuisibles en utilisant un composé chimique, le DEET (N,N-Diethyl-3-méthylbenzamide), comme agent synergisant pour augmenter l'efficacité d'un insecticide.

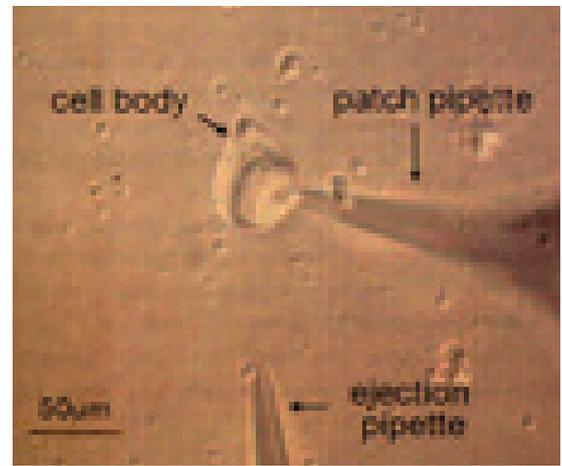
Contexte

Depuis quelques années, le contrôle et la gestion des populations d'insectes ravageurs et/ou dits nuisibles font partie des priorités mondiales. En effet, dans le cadre d'une production agroalimentaire permettant d'approvisionner toutes les populations mondiales en ressources alimentaires à faibles coûts, les produits phytosanitaires sont utilisés pour préserver la qualité des productions agricoles. Cependant, l'utilisation importante de ces produits phytosanitaires conduit à des problématiques d'ordre environnemental et sanitaire. Il apparaît donc nécessaire de trouver d'autres méthodes de lutte plus raisonnées. Afin de répondre à cette attente, de nouvelles stratégies basées sur l'utilisation de composés chimiques à mode d'action très différents sont envisagées.

Résultats

Les effets du DEET, un répulsif anti-moustique, ont été étudiés *in vitro* sur les neurones DUM (Dorsal Unpaired Median) isolés du système nerveux central de la blatte *Periplaneta americana*. Grâce à l'utilisation de techniques complémentaires, nous avons établi que le DEET, à forte concentration, inhibe l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) au niveau du DUM neurone, démontrant ainsi ses propriétés insecticides. A faible concentration, il induit un effet synergique sur l'activité anticholinestérasique d'un insecticide de type carbamate, le propoxur. A faible concentration, le DEET, via une interaction avec le site haute affinité des récepteurs cholinergiques muscariniques de type M1/M3, augmente le calcium intracellulaire et active une voie de signalisation calcium-dépendante impliquée dans l'augmentation de l'effet anticholinestérasique du propoxur sur l'AChE. A forte concentration, le DEET produit les effets inverses.

En conclusion, l'utilisation de DEET comme agent synergisant, c'est-à-dire comme un composé qui déclenche une chaîne de réaction via l'augmentation de calcium, permet d'augmenter la sensibilité des cibles pour



Technique électrophysiologique de patch-clamp utilisée sur les neurones DUM isolés de la blatte *P. americana*

les insecticides tout en utilisant des doses beaucoup plus faibles par rapport à la seule utilisation de l'insecticide.

Perspectives

Ce travail permet d'envisager l'utilisation de molécules entraînant une augmentation de calcium intracellulaire pour augmenter la sensibilité des cibles aux insecticides et ainsi optimiser l'efficacité des insecticides tout en réduisant les doses utilisées. Il serait également intéressant d'utiliser cette stratégie pour contourner les phénomènes de résistance aux insecticides.

Partenaires

Partenaires scientifiques :

MIVEGEC «Maladies Infectieuses et Vecteurs : Ecologie, Génétique, Evolution et Contrôle» UMR IRD224-CNRS5290-UM, Montpellier, France.

LTMB «Laboratoire de Toxinologie Moléculaire et Biotechnologie» CEA, Saclay, France.

Institute of Physics, Faculty of Physics, Astronomy and Informatics, N. Copernicus University, Torun, Pologne.

Faculty of Biology and Environment Protection, N. Copernicus University, Torun, Pologne.

IRD-CREC de Cotonou, République du Bénin (C. Pennetier).

Department of Entomology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen Campus, Kasetsart University, Nakhon Pathom, Thaïlande.

Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Assiut University, Assiut, Egypte

Partenaires financiers : Région des Pays de la Loire, Direction Générale de l'Armement - Ministère de la Défense et Gouvernement égyptien

Bibliographie

■ Abd-ella A., Stankiewicz M., Mikulska K., Nowak W., Pennetier C., Goulu M., Fruchart-Gaillard C., Licznar P., Apaire-Marchais V., List O., Corbel V., Servent D., Lapied B. 2015. The repellent DEET potentiates carbamate effects via insect muscarinic receptor interactions: an alternative strategy to control insect vector-borne diseases. ». *PLoS One*. 10: p. e0126406.

Contact

Bruno Lapied, Laboratoire RCIM, Université d'Angers, 2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers, Cedex 01
Mél : bruno.lapied@univ-angers.fr

Revue scientifique à comité de lecture

■ Abd-ella A., Stankiewicz M., Mikulska K., Nowak W., Pennetier C., Goulu M., Fruchart-Gaillard C., Licznar P., Marchais V., List O., Corbel V., Servent D., Lapied B. 2015. The repellent DEET potentiates carbamate effects via insect muscarinic receptor interactions: an alternative strategy to control insect vector-borne diseases. *PLoS One*. 10: e0126406.

■ Bourdin C., Guérineau N. C., Murillo L., Quinchard S., Dong K., Legros C. 2015. Molecular and functional characterization of a novel sodium channel TipE-like auxiliary subunit from the American cockroach *Periplaneta americana*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 66:136-44.

■ Bourdin C., Lebreton J., Mathé-Allainmat M., Thany S. H. 2015. Pharmacological profile of zacopride and new quaternarized fluorobenzamide analogues on mammalian $\alpha 7$ nicotinic acetylcholine receptor. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 25:3184-3188.

■ Bozzolan F., Duportets L., Limousin D., Wycke M. - A., Demondion E., François A., Abrieux A., Debernard S. 2015. Synaptotagmin I, a molecular target for steroid hormone signaling controlling the maturation of sexual behavior in an insect». *The FEBS Journal*. 282:1432-1444.

■ Rouyar A., Deisig N., Dupuy F., Limousin D., Wycke M. - A., Renou M., Anton S. 2015. Unexpected plant odor responses in a moth pheromone system. *Frontiers in Physiology*. 6, 148.

■ Selvam B., Graton J., Laurent A. D., Alamiddine Z., Mathé-Allainmat M., Lebreton J., Coqueret O., Olivier C., Thany S. H., Le Questel J. - Y. 2015. Imidacloprid and thiacloprid neonicotinoids bind more favourably to cockroach than to honeybee $\alpha 6$ nicotinic acetylcholine receptor: insights from computational studies. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*. 55:1-12.

■ Taillebois E., Alamiddine Z., Brazier C., Graton J., Laurent A. D., Thany S. H., Le Questel J. - Y. 2015. Molecular features and toxicological properties of four common pesticides, acetamiprid, deltamethrin, chlorpyrifos and fipronil». *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 23:1540-1550.

■ Thany S. H., Tong F., Bloomquist J. R. 2015. Pre-treatment of *Stegomyia aegypti* mosquitoes with a sublethal dose of imidacloprid impairs behavioural avoidance induced by lemon oil and DEET. *Medical and Veterinary Entomology*. 29:99-103.

■ Thany S.H., Bourdin C., Graton J., Laurent A. D., Mathé-Allainmat M., Lebreton J., Le Questel J. - Y. 2015. Similar Comparative Low and High Doses of Deltamethrin and Acetamiprid Differently Impair the Retrieval of the Proboscis Extension Reflex in the Forager Honey Bee (*Apis mellifera*). *Insects*. 6: 805-14

Autres revues scientifiques

■ Legeay S., Clere N., Apaire-Marchais V., Lapied B., Andriantsitohaina R., Faure S. 2015. M3 receptor as a key target of N,N-diethyl-m-toluamide (DEET) to promote angiogenesis. *Proc. Congrès de physiologie, pharmacologie et thérapeutique*. 21-23/04/2015. Caen, 1-19.

Communications colloques

■ Anton S. 2015. Modulation of insect olfaction: from neurons to behavior. Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA). Février 2015. Dijon.

■ Anton S., Abrieux A., Duportets L., Debernard S., Gadenne C. 2015. Involvement of the GPCR, DopEcR, in the modulation of olfactory-guided behaviour in a moth. . 11th Göttingen meeting of the German Neuroscience Society. 18-21/03/2015. Göttingen.

■ Benzidane Y., Goven D., Abd-Ella A., Raymond V. 2015. Modifications of neuronal nicotinic acetylcholine receptors by sublethal dose of imidacloprid. 15ème rencontre du Club de neurobiologie de l'invertébré. 11-12/06/2015. Gif-sur-Yvette.

■ Rabhi K. K., Esancy K., Demondion E., Lucas P., Tricoire-Leignel H., Anton S., Gadenne C. 2015. Effects of sublethal doses of a neonicotinoid insecticide on the olfactory system of the moth *Agrotis ipsilon*. 11th Göttingen meeting of the German Neuroscience Society. 18-21/03/2015. Göttingen.

Mémoires de thèse et HDR

■ Goulu M. ED VENAM Université d'Angers. Développement d'une nouvelle stratégie de protection chimique contre les moustiques vecteurs de maladies : utilisation d'une association répulsif/insecticide afin d'optimiser l'efficacité du traitement tout en réduisant les doses utilisées.

■ Rabhi K. ED VENAM Université d'Angers. Effets des doses subléthales d'un insecticide néonicotinoïde sur le système olfactif du papillon de nuit.

Actions de culture scientifique et technique

■ Interactions plantes-insectes et protection des cultures. Village des sciences, Terra Botanica

En fonction du nombre de méthyles portés par le chromanol, la vitamine E "naturelle" se décline en 8 isoformes : les α , β , γ , δ -tocophérols d'une part et les α , β , γ , δ -tocotriénols d'autre part. (Tableau 1). Si de nombreux autres dérivés de la vitamine E peuvent être isolés de sources naturelles, et notamment à partir de végétaux, les séries isolées apparaissent à l'heure actuelle incomplètes, tandis qu'il est clairement démontré que le degré de méthylation du chromanol module l'activité thérapeutique. C'est la raison pour laquelle nous avons développé une stratégie d'hémisynthèse nous permettant, à partir des dérivés δ , d'accéder aux dérivés α et β . Cette méthodologie nous a ainsi permis, en collaboration avec les universités de Léna (Pr Oliver Werz) et d'Innsbruck (Pr Hermann Stuppner) de produire à l'échelle du gramme un composé dont le

potentiel anti-inflammatoire très marqué (activité 20 fois supérieure à celle de la référence commerciale) a justifié le dépôt récent d'un brevet européen (*vide supra*).

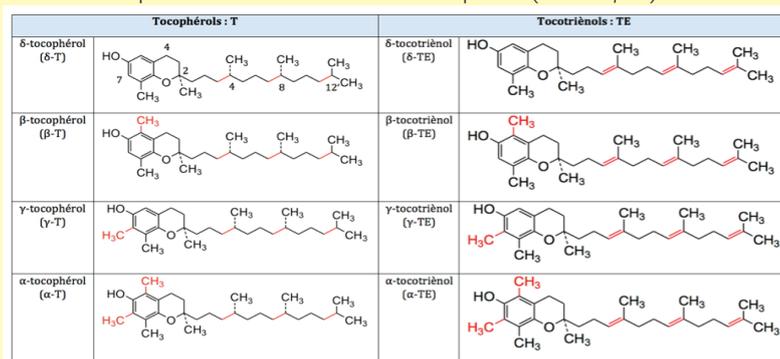


Tableau 1. Formes naturelles de la Vitamine E : Tocophérols (T) et Tocotriénols (TE)

PUBLICATIONS SONAS

Revue scientifique à comité de lecture

Alameddine A., Faljoun Z., Bourreau J., Gauquelin-Koch G., Yuan M., Gauguier D., Derbré S., Ayer A., Custaud M.-A., Navasilava N. 2015. The cardiovascular effects of salidroside in the Goto-Kakizaki diabetic rat model. *Journal of Physiology and Pharmacology*. 66, 249-257.

Alomar K., Allain M., Richomme P., Bouet G. 2015. Reaction of anhydrous zinc chloride with 2,3-thiophenedicarbaldehyde bis(semicarbazone) (2,3BTSTCH₂) and bis(thiosemicarbazone) (2,3BTSTCH₂): Crystal structure of {[C₆H₅N₂S]⁺[ZnCl₃(C₆H₄N₂S)]⁻} complex. *Chemical Papers*. 69, 1591-1597.

Boisard S., Le Ray A.-M., Landreau A., Kempf M., Cassisa V., Flurin C., Richomme P. 2015. Antifungal and antibacterial metabolites from a French poplar type propolis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Article ID 319240 (10 pages).

Dang B.T., Guitton Y., Freuze I., Grovel O., Litaudon M., Richomme P., Séraphin D., Derbré S. 2015. Dereplication of *Mammea neurophylla* metabolites to isolate original 4-phenylcoumarins. *Phytochemistry Letters*. 11, 61-68.

Dang B.T., Rouger C., Litaudon M., Séraphin D., Richomme P., Derbré S. 2015. Identification of minor benzoylated 4-phenylcoumarins from a *Mammea neurophylla* bark extract". *Molecules*. 20, 17735-17746.

Lavaud A., Richomme P., Gatto J., Aumond M.-C., Poullain C., Litaudon M., Andriantsohaina R., Guilet D. 2015. A tocotrienol series with an oxidative terminal prenyl unit from *Garcinia amplexicaulis*. *Phytochemistry*. 109, 103-110.

Le Pogam P., Schinkovitz A., Legouin B., Le Lamer A.-C., Boustie J., Richomme P. 2015. Matrix-free UV-laser desorption ionization mass spectrometry as a versatile approach for accelerating dereplication studies on li-

chens. *Analytical Chemistry*. 87, 10421-10428.

Liu R., Heiss E. H., Sider N., Schinkovitz A., Groblacher B., Guo D., Bucar F., Bauer R., Dirsch V. M., Atanasov A. G. 2015. Identification and characterization of [6]-shogaol from ginger as inhibitor of vascular smooth muscle cell proliferation. *Molecular Nutrition & Food Research*. 59, 843-52.

Massias A., Boisard S., Baccaudaud M., Leal-Calderon F., Subra-Paternault P. 2015. Recovery of phenolics from apple peels using CO₂/ethanol extraction: Kinetics and antioxidant activity of extracts. *The Journal of Supercritical Fluids*. 98, 172-182.

Ouchani F., Jeanne A., Thevenard J., Helesbeux J.-J., Wahart A., Letinois I., Duval O., Martiny L., Charpentier E., Devy J. 2015. Ethoxyfagaronine, a synthetic analogue of fagaronine that inhibits vascular endothelial growth factor-1, as a new anti-angiogenic agent. *Investigational New Drugs*. 33, 75-85.

Rouger C., Derbré S., Charreau B., Pabois A., Cauchy T., Litaudon M., Aawang K., Richomme P. 2015. Lepidotol A from *Mesua lepidota* inhibits inflammatory and immune mediators in human endothelial cells. *Journal of Natural Products*. 78, 2187-2197.

Schinkovitz A., Richomme P. 2015. Usnic acid and its versatility as MALDI matrix. *Journal of Mass Spectrometry*. 50, 270-274.

Revue technique

Derbré S. 2015. Place de la phytothérapie dans la prise en charge des troubles du sommeil des enfants. *Pédiatrie Pratique*. 264, p. 12.

Brevet

Richomme P., Helesbeux J.-J., Guilet D., Séraphin D., Stuppner H., Waltenberg B., Schuster D., Temml V., Koeberle A., Werz, O. 2015. Tocotrienol derivatives, pharmaceutical composition and method of use in chronic airway inflammatory disorders. Application number EP15182827.4 (27/08/2015).

Communications colloques

Richomme P., et al. 2015. (MA)LDI-MS Analysis of Natural Products : From Development to Applications. 16th NAPRECA Symposium, 31 août-3 septembre 2015, Arusha, Tanzanie.

Richomme P., et al. 2015. (MA)LDI-MS Analysis of Small Molecules : From Development to Applications: Fusion Conferences -2nd Natural Products Conference, 4-7 décembre 2015, Budapest, Hongrie.

Mémoires de thèse et HDR

Rouger C. Doctorat de l'Université d'Angers (ED VENAM) Effets anti-inflammatoire et immunorégulateur de métabolites secondaires isolés de Clusiaceae/Calophyllaceae.

Mémoires de stages

Tran Thi My K. M² P2AON co-habilité Angers-Nantes-Rennes I, Etude phytochimique de 6 propolis de Côte d'Ivoire et de propolis commerciales.

Nguyen Thi M. M² P2AON co-habilité Angers-Nantes-Rennes I, Extraction et hémisynthèse en série acide garcinoïque à visée anti-inflammatoire.

Michaud A. M² P2AON co-habilité Angers-Nantes-Rennes I, Chimie sur extrait d'*Hypericum perforatum*: Intérêt pour la découverte de nouvelles molécules limitant les rejets de greffe.

Actions de culture scientifique et technique

Derbré S. 2015. Du criblage anti-AGE d'extraits végétaux à un actif cosmétique breveté et commercialisé. Journée d'échanges Entreprises-Recherche co-organisée par l'équipe animatrice d'Objectif Végétal et le pôle de compétitivité Végépolys, 8 décembre 2015, Angers.

L'Unité Expérimentale Horticole

L'Unité Expérimentale Horticole (UEH) est un domaine multi-sites de 108 ha (85 ha de SAU) s'étendant sur 4 communes du Maine-et-Loire, dans un rayon de 25 kilomètres.

- 43 ha sont consacrés aux recherches et expérimentations menées par l'UMR IRHS (37 ha en arboricultures fruitières et 6 Ha en espèces ligneuses d'ornements).
- 8 ha sont consacrés aux expérimentations menées par l'UEH sur espèces fruitières.
- 34 ha portent des cultures d'homogénéisation.

Pour la quatorzième année, l'UEH a vu son agrément « charte qualité des pomiculteurs de France » (ex charte Production Fruitière Intégrée) reconduit. L'audit, réalisé par la société AQS France, a démontré un taux de conformité de 100 % pour les points majeurs et 100 % pour les points mineurs. L'UEH continue la mise en œuvre de mesures visant à améliorer sa démarche de vergers durables et écoresponsables : mise en place et développement de solutions de lutte biologique, biotechnique, physique et de méthodes culturales alternatives aux traitements chimiques. Cet agrément permet une reconnaissance de niveau 2 (reconnaissance de la mise en œuvre sur l'exploitation, des axes de progression environnementale et notamment les moyens de raisonner les intrants) de la certification environnementale pilotée par le Ministère de l'Agriculture

Essais engagés et perspectives

Depuis 2006, un verger expérimental d'un hectare, spécifiquement dédiés à l'étude des stimulateurs de défenses des plantes (SDP) a été mis en place.

Dans le cadre d'un projet CASDAR intitulé « Evaluation et optimisation de l'utilisation de stimulateurs de défense des plantes (SDP) dans les stratégies de protection phytosanitaire en verger de pommier » en 2015 une première année d'essais a été menée en réseau avec 10 partenaires.

Pour la partie « angevine » de cet essai, l'équipe Respom de l'UMR IRHS et l'UE ont co-encadré un stagiaire permettant de faire le lien entre les parties « laboratoire-moléculaire » de cet essai et la partie conduite agronomique en verger avec en particulier un volet sur les modes d'application des SDP.

Les résultats 2015 du réseau sont partiels et hétérogènes, dépendent des conditions météo rencontrées et des inocula locaux. La campagne 2016 sera marquée par la mise en place d'un protocole, permettant une prise de risque plus importante vis-à-vis de la tavelure, mettant ainsi les SDP dans des conditions plus « favorables » pour en tester les effets.

Pour rappel, l'objectif de ce projet est de définir les conditions d'utilisation des SDP au verger en fédérant les acteurs de la filière. Après classement amont en laboratoire (IRHS), le travail se focalisera sur quelques SDP. Ils seront expérimentés en verger vis-à-vis de la tavelure et des maladies de conservation, dans un dispositif multilocal et évolutif, grâce à l'étude en parallèle et en conditions (semi)-contrôlées, de paramètres susceptibles d'interférer sur leur efficacité tels que variétés, environnement, autres intrants, persistance d'action. Le travail sera complété par l'étude en conditions contrôlées de deux effets additionnels possibles de ces SDP : leur influence sur l'allergénicité des fruits et leur action de protection vis-à-vis de trois autres problèmes phytosanitaires majeurs du pommier, le feu bactérien, l'oïdium et le puceron cendré. L'objectif finalisé est d'aboutir à un guide d'utilisation des SDP à l'usage des arboriculteurs.



Conception et mise en œuvre d'un système permettant d'injecter des SDP directement dans le tronc d'un pommier



Essais de buses antidérive (à droite buses classiques l'embrun de traitement est visible, à gauche buses antidérive, pas d'embrun visible)

2015 a été une année marquée par un épisode majeur de feu bactérien (maladie de quarantaine due à la bactérie *Erwinia amylovora*) essentiellement sur le site de la Rétuzière de l'UEH où de nombreuses parcelles ont été touchées avec des niveaux d'attaques plus ou moins sévères.

Pour les attaques les moins sévères (moins de 10 % des arbres d'une parcelle touchés), le protocole mis en place avec l'UMR IRHS et validé par le SRAL prévoit le retrait des organes malades et leur incinération.

Pour les parcelles les plus touchées (représentant presque 4 Ha), essentiellement des parcelles de sélection et de ressources génétiques, les arbres ont été rabattus à 50 cm et les parties retirées ont été incinérées sur place (après accord préfectoral). L'objectif de ce rabattage est triple ; 1/ large retrait des parties contaminées, 2/ réduction du volume des arbres afin d'observer plus facilement d'éventuels symptômes sur les parties restantes, 3/ développement végétatif accentué, permettant le prélèvement d'organe néoformés à des fins de multiplication végétative et de reprise du matériel présentant un caractère patrimonial.

Une réflexion est en cours avec l'UMR IRHS sur les moyens de préserver les ressources génétiques et pouvoir réagir à d'éventuelles futures épidémies. La configuration de l'UEH (deux sites distants) est un élément de réponse et permettra de maintenir le Centre de Ressources Biologiques, les activités d'hybridation, de conservation et de caractérisation sur place. Une collection « miroir » *in vitro* (en cryoconservation) ou *ex situ* (Installation expérimentale de Lamarine, centre INRA PACA) est envisageable, tout comme installer une core collection sur l'un des deux sites de l'UE dans des conditions semi-contrôlées (tunnels insect proof par exemple).

En 2015, 2 équipes de l'UMR IRHS (équipes ResPom et GDO) ont publié 4 articles dans des revues à comité de lecture basés sur des travaux réalisés à l'UEH, et ont associé l'Unité pour sa contribution au travail effectué. L'UEH est par ailleurs co-auteur d'une publication avec l'équipe GDO de l'UMR IRHS :

Roman H., Rapicault M., Miclot A.S., Larenaudie M., Kawamura K., Thouroude T., Chastellier A., Lemarquand A., Dupuis F., Foucher F., Lousteau S., Hibrand-Saint Oyant L. 2015. Genetic analysis of the flowering date and number of petals in rose. *Tree Genetics and Genomes* 11(4):1-13

La Direction générale de l'Inra a officialisé en juillet 2015 sa décision de restructurer le dispositif qui s'articulait sur l'activité de l'Unité expérimentale Vigne & Vin, suite à une instruction conduite depuis un an avec le département Sciences pour l'Action et le Développement et le Centre Angers-Nantes. L'approche retenue s'appuie sur la qualité et la récurrence des partenariats antérieurs développés sur le site, notamment ceux mobilisés dans le cadre de l'UMT Vinitera. La restructuration débouche ainsi sur (1) une recomposition du dispositif de recherche existant par la création d'une Unité sous contrat avec l'Ecole Supérieure

d'Agricultures (ESA) sur le projet de l'Unité GRAPPE, et (2) un transfert vers l'IFV de la conduite opérationnelle des actions au bénéfice de la filière sur le site de Montreuil-Bellay, notamment en matière de ressources génétiques, création variétale et expérimentation "Ecophyto". Les conventions associées sont entrées en application au 1er janvier 2016 et l'Unité expérimentale a ainsi cessé d'exister le 31 décembre 2015. Les phases finales du projet EU Life ADVICLIM sur lequel l'ex-unité expérimentale était impliquée seront conduites par la nouvelle Unité sous contrat et l'Inra de Bordeaux.

En 2015, les recherches se sont poursuivies selon les axes du programme de l'unité, c'est-à-dire le lien entre terroir et typicité et la prise en compte des préoccupations environnementales dans le cadre du changement climatique.

L'équipe « polyphénols » a ainsi poursuivi sa collaboration avec deux universités algériennes, en encadrant une thèse (soutenue en avril 2015), et en publiant les résultats obtenus lors de l'accueil d'une enseignante en 2013-2014 (Université Abed-Rahmane Mira de Bejaia. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département des Sciences Alimentaires. Laboratoire de Biomathématiques, Biophysique, Biochimie et Scientométrie (3BS)).

L'équipe « Agronomie » a poursuivi quant à elle ses travaux dans le cadre du projet européen Life « ADVICLIM », sur le changement climatique et la filière viticole. Etienne Neethling, en thèse sur ce programme, soutiendra en juin 2016. Le titre de la thèse est « Adaptation de la viticulture au changement climatique : vers des scénarios à hautes résolutions ».

PUBLICATIONS UNITÉ VIGNE ET VIN

Revue scientifique à comité de lecture

■ Medouni-Adrar, S.; Boulekbache-Makhlouf, L.; Cadot, Y.; Medouni-Harroune, L.; Dahmoune, F.; Makhoukhe, A.; Madani, K. 2015 Optimization of the recovery of phenolic compounds from Algerian grape by-products. *Industrial Crops and Products*, 77, 123-132.

Autres revues scientifiques

■ Tcaciuc E., 2015. Maturité phénolique des raisins et profils des vins *Revue Française d'Œnologie* 269, 17-19.

Communications colloques

■ Cadot Y., Tcaciuc E., 2015. Utilisation de nouveaux cépages, nécessitant peu d'intrant. *Congres GIESCO 2015, Pech-Rouge/Montpellier (France)*, 31 mai-5 juin.

■ Tcaciuc E., 2015. Maturité phénolique des raisins et profils des vins. *14ème Forum Œnologique de Davayé (France)*, 3 Février 2015.

Mémoires de thèse et HDR

■ Derradji-Benmeziane F., 2015. Université Badji Mokhtar-Annaba Djamaï, Faculté des Sciences. Effet de la nature du sol sur la teneur en antioxydants de quelques variétés de raisin de la région d'El-Tarf ». 23 avril 2015.

Actions de culture scientifique et technique

■ Neethling E., 2015. Adaptation de la viticulture au changement climatique : vers des stratégies à haute résolution. Etude de cas dans la moyenne vallée de la Loire. Journée d'échanges Entreprises-Recherche co-organisée par l'équipe animatrice d'Objectif Végétal et le pôle de compétitivité Végépolys, Angers, 8 décembre 2015.

Influence des propriétés des substrats sur leur composante microbienne

Objectif

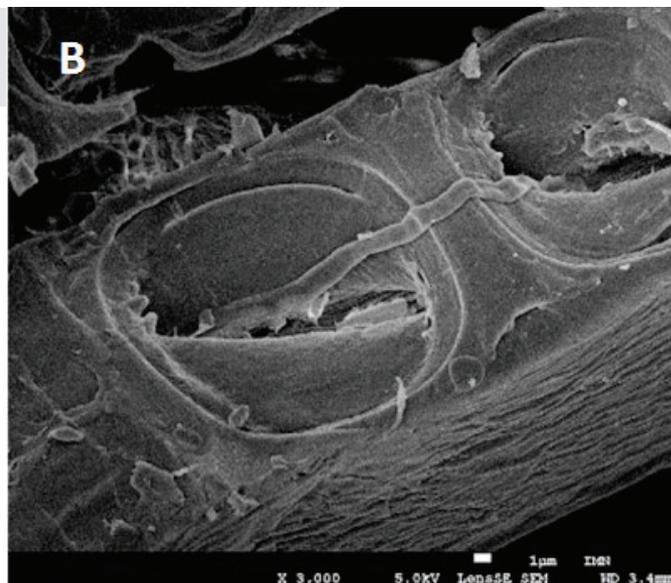
Cette thèse avait pour objectif d'étudier le rôle de substrats organiques, utilisés comme supports de culture en système hors-sol, dans la protection microbiologique d'une culture contre un agent pathogène tellurique.

Contexte

Afin de rester compétitive, la production horticole sous serre doit s'intégrer dans une démarche de cultures durables, intégrant à la fois le développement de substrats horticoles adaptés et les contraintes réglementaires telles que la réduction de 50% des produits phytosanitaires. Les systèmes de culture hors-sol permettent une meilleure gestion des intrants et un meilleur contrôle des maladies. Mais ils sont également propices au développement incontrôlé de ravageurs et d'agents pathogènes. Un levier d'action possible est le contrôle biologique, et notamment celui qui consiste à favoriser les agents de lutte biologiques indigènes à des substrats organiques. Cependant, les relations entre la nature et la composition du substrat d'une part et la nature de la communauté microbienne et son potentiel suppressif des agents pathogènes d'autre part, sont peu connus.

Résultats

Les trois types de substrats présentent une composition biochimique et un potentiel de développement microbien différents. La structure de la communauté microbienne leur est très spécifique). L'existence supposée de deux compartiments, facilement et plus lentement biodégradable, à des concentrations dépendantes du type de substrat semble expliquer les dynamiques microbiennes particulières. Une dominance de champignons cellulolytiques a été observée dans les substrats. Les effets de protection, observés lors des bio-essais, dépendent non seulement de la nature du substrat, mais aussi des conditions climatiques impactant l'état de santé des plantes. Les fibres de bois et les fibres de coco sont de bons substituts à la tourbe



Observation au MEB d'une fibre de bois et ses micro-organismes associés (grossissements x3000)

et ont un potentiel pour la protection des cultures. La tyndallisation préalable des substrats (procédé de stérilisation modérée qui permet d'éliminer du milieu les formes de résistance des bactéries que sont les spores) a montré que ce sont les populations indigènes se développant en cours de culture qui étaient impliquées dans la protection.

Partenaires

Travaux de thèse réalisés dans le cadre d'une convention Cifre avec l'entreprise Florentaise. La thèse a été co-encadrée entre l'unité Environnement Physique de la plante Horticole (S. Charpentier) et le laboratoire de Planétologie et Géodynamique de Nantes (T. Lebeau).

Bibliographie

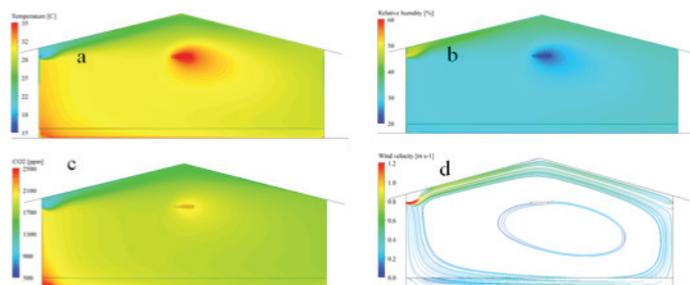
■ Montagne V., Charpentier S., Cannavo P., Capioux H., Grosbellet C., Lebeau T. (2015) Structure and activity of spontaneous fungal communities in organic substrates used for soilless crops. *Scientia Horticulturae*, 192, 148-157.

Contact

Patrice Cannavo, EPHor, Agrocampus Ouest, 2 rue Le Nôtre, 49045 Angers cedex 1
Mél : patrice.cannavo@agrocampus-ouest.fr



Modélisation des conditions d'ambiance dans un bâtiment d'élevage



bâtiment d'élevage expérimental et simulations numériques du bâtiment chauffé en début de production (a) température, (b) humidité relative (c) concentration de CO₂ (d) lignes de courant

Objectif

L'objectif des travaux était la mise au point d'un modèle de simulation des conditions climatiques dans un bâtiment d'élevage (champ de vitesse, humidité) ainsi que la modélisation du panache d'émissions à proximité du bâtiment.

Contexte

La capacité à maintenir des conditions environnementales appropriées à la croissance des animaux dans les bâtiments d'élevage dépend étroitement de la maîtrise des échanges de masse et de chaleur qui s'instaurent avec le milieu extérieur. En production animale, il importe d'évacuer l'humidité et les gaz issus des effluents d'élevage, tout en minimisant les consommations d'énergie. L'optimisation des conditions d'ambiance est nécessaire pour garantir des performances zootechniques et des retombées économiques acceptables pour l'éleveur, ainsi que le bien-être des animaux et des personnels travaillant dans ces structures.

Résultats

Un modèle bidimensionnel incluant les transferts de masse et de chaleur induits par les animaux et la litière a été mis au point. Il a été validé sur la base des données de température, humidité absolue et concentration de CO₂ acquises dans un bâtiment en 15 points et ce, pour deux situations contrastées de maturité de l'animal : en début et en fin de production. Une très bonne précision sur la prédiction de ces paramètres a été obtenue. Des travaux portant sur l'impact de l'aération sur le climat dans le bâtiment d'élevage ont également été entrepris. Pour une direction donnée de vent, ils ont permis de quantifier l'influence de la température, de l'humidité, du rayonnement solaire, de la vitesse du vent ainsi que celle des animaux sur le climat interne dans le bâtiment. Enfin, sur la base de simulations 3D en régime instationnaire et en considérant un vent soufflant perpendiculairement au faîtage, F. Rojano a montré qu'il était possible de prédire les concentrations de gaz avec une bonne précision dans le bâtiment et de simuler le panache d'émission à l'extérieur.

Perspectives

Les travaux relatifs aux bâtiments d'élevage sont nouveaux au sein de l'unité EPHor. Les approches développées sont cependant similaires à celles utilisées pour simuler le climat sous serre. Un travail important pour accroître le réalisme du modèle a été engagé, en mettant en œuvre des simulations en 3D et en régime instationnaire, mais aussi en intégrant une formalisation fine des interactions des animaux et de la litière avec leur environnement immédiat. À terme, l'outil mis au point devrait permettre de simuler la distribution des variables climatiques pour différentes conditions externes et/ou différentes architectures d'abris et ainsi améliorer la gestion climatique des bâtiments d'élevage ou proposer de nouveaux designs de bâtiments. Une extension du modèle pourrait concerner la simulation des émissions d'ammoniac.

Partenaires

Ce projet a bénéficié d'une allocation de la région Pays de la Loire. Il a été mené en partenariat avec l'UMR SAS de Rennes (Sol-Agro et hydrosystèmes-Spatialisation, équipe ASAE Analyse Agro-Environnementale des Systèmes de Culture-Elevage). Il a également fait l'objet d'une collaboration avec le laboratoire d'ingénierie en agriculture et biosystèmes de l'université d'Arizona (université d'origine du post doctorant).

Bibliographie

■ Rojano Aguilar F., Bournet PE., Hassouna M., Robin P., Kacira M., Choi C.Y. (2015) Modelling Heat and Mass Transfer of a Broiler House Using Computational Fluid Dynamics, Biosystems Engineering, 136, 25-38.

Contact

Pierre-Emmanuel Bournet, EPHor, Agrocampus Ouest, 2 rue Le Nôtre, 49045 Angers cedex 1
Mél : Pierre-Emmanuel.Bournet@agrocampus-ouest.fr

Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches de Laure Vidal Beaudet



Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches de Laure Vidal Beaudet

Université d'Angers, discipline : Sciences de la vie

Présenté le lundi 23 mars 2015 par Laure Vidal-Beaudet

Propriétés agronomiques des sols urbains construits : structuration et évolution

Une utilisation plus rationnelle des territoires, avec notamment l'obligation de ralentir l'expansion urbaine aux dépens des terres cultivées et le souhait des collectivités de renforcer l'introduction du végétal en ville, génère une forte demande de compétences sur l'aptitude des sols urbains à assurer correctement leurs différentes fonctions: (i) plateforme de support mécanique, (ii) support de production végétale, (iii) filtre, tampon, stockage du C, (iv) régulation du cycle de l'eau, du climat, du bruit, de la pollution et (v) stockage des matières, valorisation et recyclage des déchets urbains. L'évaluation des fonctions rendues par les sols urbains et de leurs services écosystémiques associés apparaissent comme une opportunité à saisir pour mettre en place des outils adaptés à leur gestion et qui permettraient d'en optimiser l'utilisation et de les protéger.

Les activités de recherche de L. Beaudet ont porté plus spécifiquement sur les sols construits ou Technosols pour différentes fonctions attendues : être support mécanique

du trafic, être support de végétation, assurer la filtration et l'épuration des eaux urbaines et permettre la valorisation et le recyclage des déchets. La modélisation du fonctionnement et de l'évolution des sols urbains a été abordée à partir de l'étude de l'agrégat, intégrateur de l'histoire du sol et indicateur pertinent de son fonctionnement. Dans le cas des sols urbains et des aménagements paysagers associés, les végétaux ne restituent pas de matière organique au sol et il est souvent difficile de rapporter de la matière organique au cours du temps. L'hypothèse de travail était que l'étude du processus d'agrégation des sols urbains construits avec de grandes quantités de matière organique devait permettre de prédire la pédogénèse précoce de mélanges (matériaux minéraux et matériaux organiques, nobles ou issus de déchets) et leur fonctionnement hydrodynamique à court et moyen terme. Le suivi de l'agrégation des mélanges sol-matière organique a permis de caractériser et prédire les flux d'eau et d'air à moyen terme (10 ans) et d'optimiser la connaissance et la maîtrise des caractéristiques physico-chimiques de sols construits durables.

Arrivée de René Guénon au sein de l'unité



René Guénon a été recruté comme enseignant chercheur à Agrocampus Ouest (centre d'Angers) au 1er janvier 2016 sur la thématique « Propriétés et services écosystémiques des sols en milieu urbain ». Avant cela, il a obtenu un doctorat en Biologie des populations et Ecologie de l'université de Marseille (Décembre 2010). Il a travaillé sur différentes thématiques environnementales

(rôle de la diversité végétale forestière sur les fonctions microbiennes, leur stabilité face à des régimes de perturba-

tion et de stress du réchauffement climatique, des approches d'ingénierie écologique ainsi que des approches d'agronomie). Au centre de ses recherches, les relations sol-plante-atmosphère et la dynamique des matières organiques dans les sols par des approches complexes (spectroscopiques) et moléculaires (fonctions microbiennes et métagénomiques). Ses futurs projets de recherche nécessitent de développer des outils analytiques sur Angers et renforcer des partenariats existants notamment avec l'Université de Nantes et l'IUT de La Roche sur Yon.

Année de délégation de Jean-Charles Michel à la North Carolina State University



Jean-Charles Michel a effectué une année de délégation (août 2014-août 2015) au Département Horticulture de l'Université d'Etat de Caroline du Nord (Raleigh, USA). Ce projet a obtenu un financement Fulbright (Commission Franco-américaine) et a également été soutenu par divers partenaires professionnels franco-américains (Klasmann-Deilmann, Fertil, Aquatrols). Il y a centré ses activités sur l'aptitude à la réhumectation des substrats horticoles. S'appuyant sur deux méthodes complémentaires : l'une développée à Agrocampus Ouest et l'autre à la NCSU, il a entrepris de

caractériser la mouillabilité d'une grande diversité de matériaux organiques fixés à différents états d'humidité. Ses recherches ont permis d'établir une classification des substrats basée sur le risque d'acquisition de l'hydrophobie et de dégradation de leurs propriétés de rétention en eau. L'effet de l'incorporation d'agents mouillants afin de limiter le risque d'hydrophobie de tourbes a également été mis en évidence par ces deux méthodes. Une dernière expérimentation reposant sur un essai culturel sur tourbe, amendée ou non d'agents mouillants et géré selon deux régimes d'irrigation (maintien d'un confort hydrique ou déclenchement dès l'apparition de stress hydrique) a enfin montré les effets bénéfiques du système racinaire et de l'adjonction de mouillants sur le maintien du substrat (et la plante) en confort hydrique et sur l'aptitude du milieu à se réhumecter.

Nouvelles thèses commencées en 2015

■ **Bouzeriba L.** - Paramètres déterminants les émissions polluantes, gaz et particules, des élevages de poules pondeuses dans la région de Batnag. *Directeur de thèse : PE Bournet et R Adjroudi (co-tutelle Agrocampus Ouest, Université de Batnag).*

■ **Cambou A.** - Contribution des sols urbains à l'atténuation du changement climatique : évaluation de la séquestration du carbone et conséquences sur le bilan de gaz à effet de serre. *Directeurs de thèse : L. Vidal-Beaudet et C Schwartz.*

■ **Fourvel G.** - Analyse et optimisation de la fertilité physique de sols urbains construits à partir de sédiments de barrage. *Directeur de thèse : P. Cannavo.*

Revue scientifique à comité de lecture

■ Caron J., Heinse R., Charpentier S., 2015. Organic materials used in agriculture, horticulture, reconstructed soils, and filtering applications. *Vadose Zone Journal*, doi:10.2136/vzj2015.04.0057.

■ Charpentier S. 2015 Simulation of water regime and sensible heat exchange phenomena in green roof substrates *Vadose Zone Journal*. doi:10.2136/vzj2014.07.0090.

■ Grard B.J.-P., Bel N., Marchal N., Madre F., Castell J.-F., Cambier P., Houot S., Manouchehri N., Besancon S., Michel J.C., Chenu C., Frascaria-Lacoste N., Aubry C. 2015. Recycling urban waste as possible use for rooftop vegetable garden. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 3: 21-34.

■ Guellier C., Bardy M., Andrianarisoa S., Balloy B., Bargeot L., Chafchafi A., Ducommun C., Kockmann F., Laroche B., Lemercier B., Moulin J., Sauter J., Scheurer O., Templereau F., Schnebelen N., Fort J.L. 2015. Le Réseau Mixte Technologique Sols et Territoires : développer la connaissance des sols dans les territoires : principes, bilan et perspectives. *Étude et Gestion des Sols*. 22: 113-124.

■ Kerloch E., Michel J.C. 2015. Pore tortuosity and wettability as main characteristics of the evolution of hydraulic properties of organic growing media during cultivation. *Vadose Zone Journal*. 14(6) doi:10.2136/vzj2014.11.0162.

■ Michel J.C. 2015. Wettability of organic growing media used in horticulture: a review. *Vadose Zone Journal*. doi:10.2136/vzj2014.09.0124.

■ Michel J.C. 2015. Effects of freezing on the physical properties and wettability of highly decomposed peats used as growing media. *European Journal of Horticultural Science*, 80: 190-195.

■ Montagne V., Charpentier S., Cannavo P., Capioux H., Grosbellet C., Lebeau T., 2015. Structure and activity of spontaneous fungal communities in organic substrates used for soilless crops, *Scientia Horticulturae*. 192: 148-157

■ Rojano Aguilar F., Bournet P.E., Hassouna M., Robin P., Kacira M., Choi C.Y. 2015. Modelling heat and mass transfer

of a broiler house using computational fluid dynamics, *Biosystems Engineering*. 136: 25-38.

■ Tawegoum R., Leroy F., Sintès G., Chassériaux G. 2015. Forecasting hourly evapotranspiration for triggering irrigation in nurseries. *Biosystems Engineering*, 129 : 237-247.

Communications colloques

■ Bouhoun Ali H., Bournet P.E., Cannavo P., Migeon C., Chantoiseau E., Sourgnès M. 2015. Stomatal resistance modelling using the full factorial design: application to the new Guinea impatiens, *Greensys 2015 Evora July 19-23rd*.

■ Bouhoun Ali H., Bournet P.E., Danjou V., Migeon C. 2015. CFD analysis of the climate inside a closed greenhouse at night including condensation and crop transpiration, *Greensys 2015 Evora July 19-23rd*.

■ Bouhoun Ali H., Chantoiseau E., Bournet P.E., Cannavo P., Charpentier S., Migeon C. 2015 Modelling the stomatal resistance under water comfort and restriction to assess the transpiration of a greenhouse New Guinea Impatiens crop, *Greensys 2015 Evora July 19-23rd*.

■ Bournet P.E., Morille B., Migeon C. 2015. CFD prediction of the daytime climate evolution inside a greenhouse, taking account of the crop interaction, sun path and ground conduction, *Greensys 2015 Evora July 19-23rd*.

■ Cannavo P., Peyneau E., Séré G., Vidal-Beaudet L., Legret M., Damas O., Yilmaz D. 2015. Physical fertility of structural soils constructed with waste materials for urban greening. The 8th International conference of Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and military Areas, 20-25 September, 2015, Mexico city, Mexico.

■ Cannavo P., Vidal-Beaudet L.; Grosbellet C., Yilmaz D., Séré G., Legret M., Damas O., Peyneau P.E. 2015 Construction de sols végétalisés à partir de déchets afin de préserver la ressource naturelle "sol". CIAG (carrefours de l'innovation agronomique) Ville à haute intensité écologique : la place du végétal. INRA, 30 septembre 2015, Angers.

■ Caron J., Michel J.C., 2015. Overcoming physical limitations in alternative growing media with and without peat. *Int. Symp. Growing Media, Composting & Substrate analysis*, Sept. 6-11 2015, Vienna.

■ Fourvel G., Vidal-Beaudet L., Cannavo P., Puren, M., Thery F., Brochier V. 2015. Potential use of dam sediment for soil construction in urban greening: effect of organic matter addition on sediment structuration. The 8th International conference of Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and military Areas, 20-25 September, 2015, Mexico city, Mexico.

■ Grard B., Castell J.F., Houot S., Michel J.C., Cambier P., Bel N., Madre F., Aubry C., Frascaria-Lacoste N., Chenu C., 2015. Rooftop gardens and ecosystem services: beyond food production. *Suitma*, September 20-25 2015, Mexico.

■ Kerloch E., Michel J.C. 2015. Evolution des propriétés hydrauliques de substrats en culture de rosier sous régime d'irrigation entre -1kPa (pF=1) et -10kPa (pF=2). *Rencontres du Végétal*, 12-13 Janvier 2015, Angers, France.

■ Mesmoudi K., Meguallati K.H., Serir L., Bournet P.E. 2015 Numerical prediction of thermal environment and energy consumption of three different greenhouses under hot and semi-arid climate. *Greensys 2015 Evora July 19-23rd*.

■ Michel J.C. 2015. French experiences and American opportunities in substrate research & development. *NCSU Seminar*. April 20, 2015, Raleigh, USA.

■ Michel J.C., Jackson B.E., Fonteno W.C. 2015. Classification of organic substrates' wettability from contact angle measurements and hydration efficiency tests. *Int. Symp. Growing Media, Composting & Substrate analysis*, Sept. 6-11 2015, Vienna.

■ Michel J.C., Jackson B.E., Fonteno W.C. 2015. Wetting agent addition to reduce hydrophobicity and maintain water retention in peat substrates. *Int. Symp. Growing Media, Composting & Substrate analysis*, Sept. 6-11 2015, Vienna.

■ Michel J.C., Jackson B.E., Fonteno W.C. 2015. Effect of water content on the hydration efficiency of some organic substrates. *Amer. Soc. Hort. Sci. Conference*, Aug. 3-7 2015, New Orleans. *HortScience*, 50(9): S284.

■ Michel J.C., Jackson B.E., Fonteno W.C., 2015. Wetting agent addition for limiting risks of hydrophobicity of peat substrate. American Society for Horticultural Science Conference, August 3-7 2015, New Orleans. HortScience, 50(9): S284.

■ Michel J.C., Kerloch E., 2015. Effects of different irrigation strategies on the evolution of peat hydraulic properties during cultivation. American Society for Horticultural Science Conference, August 3-7 2015, New Orleans. HortScience, 50(9): S253.

■ Michel J.C., Kerloch E., 2015. Towards a better irrigation management in soil-less culture by taking into account the Influence of root development on the evolution of hydraulic properties of substrates. American Society for Horticultural Science Conference, August 3-7 2015, New Orleans. HortScience, 50(9): S244.

■ Michel J.C., Kerloch E., 2015. Evolution of hydraulic properties of organic substrates during cultivation according to irrigation strategies and root growth. International Symposium on Growing Media, Composting & Substrate analysis, September 6-11 2015, Vienna, Austria.

■ Michel J.C., Schmilewski G., Largent L., 2015. Growing media in France and Europe: inventory and current perspectives. American Society for Horticultural Science Conference, August 3-7 2015, New Orleans. HortScience, 50(9): S285.

■ Rojano, F., Bournet, P.E., Robin, Paul., Hassouna, M., Choi, C.Y., Kacira, M. 2015. Gas emissions and spreading inside and outside of a naturally ventilated poultry house using a 3D CFD model. 12th International Conference "Construction, Technology and Environment in Farm Animal Husbandry", Freising, Germany September, 8-10, 6 p.

■ Rojano, F., Bournet, P.E., Robin, Paul., Hassouna, M., Choi, C. Y., Kacira, M. 2015. Analysis of the dynamics of heat and mass transfer in a naturally ventilated poultry house using CFD. 12th International Conference "Construction, Technology and Environment in Farm Animal Husbandry", Freising, Germany September, 8-10, 6 p.

■ Sourgnès M., Migeon C., Bouhoun Ali H., Bournet P.E., Cannavo P., Chantoiseau E. 2015 Ability of multiplicative models to simulate stomatal resistance along plant growth: application to the New Guinea Impatiens grown in greenhouse, Greensys 2015 Evora (Portugal) July 19-23rd.

■ Vidal-Beaudet, L. 2015. Le projet SITERRE. Tables rondes UCO « Insertion d'espaces verts en ville », 26 février 2015, Angers

■ Vidal-Beaudet L., Cannavo P., Rokia S., Séré G., Bataillard P., Joussein E., Schwartz C. 2015. Effect of wetting-drying cycles on the aggregation of Technosols constructed with urban wastes. The 8th International conference of Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and military Areas, 20-25 September, 2015, Mexico city, Mexico

■ Vidal-Beaudet L. 2015. Comment obtenir un sol urbain fertile. Colloque un boqueteau en ville. Les Amis du Transformateur, 21 novembre 2015, Saint Nicolas de Redon.

■ Vidal-Beaudet L. et al 2015. Fertility of Technosols constructed with urban wastes. 8th Sino-French Workshop – URBAN AGRONOMY 30st November - 1st and 2nd December, Nancy.

Mémoires de thèse et HDR

■ Montagne V. 2015. Thèse de doctorat d'Agrocampus Ouest. Influence des conditions physico-chimiques du milieu de culture sur le développement et/ou l'implantation de micro-organismes favorables à la croissance et à la santé des plantes.

■ Vidal-Beaudet L. 2015. Habilitation à Diriger des Recherches. Université d'Angers Propriétés agronomiques des sols urbains construits : structuration et évolution.

Mémoires de stages

■ Bencherif, S. 2015. Mémoire M2, Université d'Angers. Facteurs climatiques et physiologiques influençant la conservation de plants d'hortensia lors de leur stockage en chambre froide.

■ Clarté, C., 2015. Mémoire M1, Université d'Angers Influence des facteurs climatiques et du potentiel hydrique du sol sur le potentiel hydrique foliaire et sur la résistance somatique d'une espèce ornementale.

■ Daolio-Dervaux, R., 2015. Mémoire M2 Ingénieur Agrocampus Ouest. Etude du développement aérien et de l'enracinement d'arbre dans des mélanges terre-pierre reconstitué à partir des déchets.

■ Jantzi, S., 2015. Mémoire M1, Agrocampus Ouest Etude du développement d'arbres dans des mélanges terre-pierre reconstitués à partir de déchets.

■ Ollier, M. 2015. Mémoire M1, Agro Paris Tech., Influence des facteurs climatiques et du potentiel hydrique du sol sur le potentiel hydrique foliaire et sur la résistance somatique d'une espèce ornementale.

■ Pinoit, C., 2015. Mémoire M2, Université d'Angers. Analyse du climat dans des serres de concombres.

■ Senant, T., 2015. Mémoire M2, Université Paris Sud, Etude du fonctionnement hydrodynamique de l'enracinement d'arbre dans des mélanges terre-pierre reconstitués à partir de déchets, Twahirwa, J.V., 2015. Mémoire M2, Université de Cergy-Pontoise Problème inverse pour EDP parabolique quasi-linéaire non homogène. Application à l'estimation des paramètres hydrodynamiques et thermiques des substrats.

Actions de culture scientifique et technique

■ Pierre-Emmanuel Bournet, 2015. Climatique des serres. Journée d'échanges Entreprises-Recherche, 8 décembre 2015, Angers.

Formation : Développer l'esprit d'entreprendre

Le statut national d'étudiant-entrepreneur permet aux étudiants et aux jeunes diplômés d'élaborer un projet entrepreneurial au sein d'un pôle PEPITE, comme le pôle CREER au sein des Pays de la Loire. Ce pôle a pour objectifs de sensibiliser et de former les étudiants à l'entrepreneuriat et à l'innovation. Pour accompagner les étudiants d'AGRO-CAMPUS OUEST et aider ceux qui le souhaitent à s'insérer dans ce dispositif existant, l'équipe Economie, gestion et Société (EGS) d'AGROCAMPUS OUEST, Unité Pédagogique d'Angers a choisi de mieux valoriser et de développer les compétences à l'entrepreneuriat et à l'innovation sur l'ensemble de la formation d'ingénieur, tant en horticulture qu'en paysage. En lien avec le référentiel MESR 2011, elle a commencé à travailler à une réorganisation de la formation autour d'un référentiel de niveau 1 (sensibilisation) et un référentiel de niveau 2 (spécialisation). Cette structuration

s'appuie sur les formations déjà existantes (Projet Personnel et Professionnel, Approche Globale de l'Entreprise, Ingénierie De Projet, formation au choix à l'entrepreneuriat) ; formation qu'elle poursuit en revisitant certains enseignements, et en proposant depuis 2015 un enseignement à la démarche entrepreneuriale et étude de marché en M1. La réflexion actuelle sur les nouvelles maquettes pédagogiques de M2 est l'occasion de pouvoir approfondir l'entrepreneuriat et l'innovation autour notamment de la créativité-innovation ou de la communication digitale d'entreprise.

Cet approfondissement du référentiel à l'entrepreneuriat permet de développer des liens avec d'autres universités, au travers de chercheurs invités (comme le Profil entrepreneuriat de l'Université de Laval). Il va alimenter les projets, tant en formation qu'en recherche.

Nouveaux projets débutés en 2015

■ **RFI tourisme (2015-17)**, axe Végétal et tourisme: renforcer la mise en tourisme et en loisirs du végétal ligérien, par l'articulation inédite du tourisme, du végétal et de l'innovation. *En collaboration avec ARGUMANS Le Mans, CERHIO Angers, CRENAU ENSA Nantes, ESO, ESSCA Angers, SFR Confluences – Axe Culture du Végétal. Participation de Béatrice Plottu et Caroline Widehem, UMR GRANEM ; B Plottu, représentante d'Agrocampus Ouest à la commission Recherche d'Angers TourismLab du RFI tourisme.*

■ **Séjour de recherche d'Anne Musson en Australie** du 15 juin au 15 juillet 2015 à Canberra, Australie. Accueil assuré par Robert Costanza (<https://crawford.anu.edu.au/people/academic/robert-costanza>) et Crawford School of Public Policy (<https://crawford.anu.edu.au/>).

■ **ANR RosesMonde (2015-2019)** : hybridité créative dans le secteur de la rose et son intrication avec les logiques de patrimonialisation et de marchandisation du capitalisme esthétique, à travers un produit : la rose, au carrefour des industries culturelles et de l'agro-business. *En collaboration avec le LAM Bordeaux, IRHS (équipe GDO) Angers, Ladys Paris7, CERHIO Angers. Participation de Béatrice Plottu et Caroline Widehem, UMR GRANEM.*

Fin de projet 2015

■ **Publication de l'ouvrage the Weight of the Social Economy** - Le groupe de travail du CIRIEC International « The Weight of the Social Economy » (2012-2015) regroupant notamment des chercheurs de AGROCAMPUS OUEST, UQAM, Open University, John Hopkins University, HEC Liège a rendu ses travaux à la commission scientifique internationale « économie sociale et coopérative ». Le CIRIEC International (Centre International de Recherche sur l'Economie Sociale Publique et Coopérative) est la principale association internationale de recherche sur les coopératives, associations, mutuelles et entreprises publiques. L'ouvrage « The Weight of the Social Economy : An International Perspective », coédité par Marie Bouchard (UQAM) et Damien Rousselière (AGROCAMPUS OUEST) a été publié aux éditions Peter Lang (collection Social Economy and Public Economy).

Composé d'articles théoriques et empiriques sur la mesure statistique de l'économie sociale, ainsi que d'études de cas nationales, l'ouvrage sera présenté le 29 juin 2016 au Conseil Economique et Social Européen dans le cadre de la réflexion sur la mesure de l'économie sociale européenne. Il a également débattu à la FAO (Rome) le 5 et 6 avril prochain dans le cadre d'un séminaire "multi-stakeholder workshop on statistics on cooperatives" (organisé par l'Alliance Coopérative Internationale, la FAO et l'Organisation Internationale du Travail). L'objectif de cette réunion a été la réflexion sur la mise en place d'un système harmonisé de suivi statistiques des coopératives. Une suite possible sera la réalisation d'un United Nations Handbook on Cooperatives.

Recrutement

■ **Thomas Coisson**, maître de conférences en Economie géographique et spatiale. Prise de fonction au 1^{er} janvier 2015.

Revue scientifique à comité de lecture

■ Agbo M., Rousselière D., Salanié J. 2015. Agricultural marketing cooperatives with direct selling: a cooperative non cooperative game, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 109: 56-71.

■ Musson, A., 2015. Construire l'attractivité durable au niveau régional. *Géographie Économie Société*, 17: 97-131.

■ Plottu B., 2015. Conflit d'usage du territoire : de l'identification des enjeux à l'émergence d'une solution négociée, *Economie Rurale*, 348: 23-41.

Communications colloques

■ Coisnon T., 2015. The influence of suburban agriculture on French municipalities' land-use profiles. 8th Making cities liveable Conference, Melbourne (Australie), 6-7 juillet 2015.

■ Magnaghi E., Chikh-M'hamed S., Plottu B., Widehem C., 2015. The risks of a strategy of vertical specialization within a value chain: evidences from the French ornamental outdoor plants industry, 5ème conférence annuelle d'Atlas AFMI (Association Francophone de Management International) «TRANSITIONS ET MANAGEMENT INTERNATIONAL » CFVG-Centre Franco-Vietnamien de Formation à la Gestion, Hanoï, 13 mai 2015.

■ Tendero M., Plottu B., 2015. Acceptabilité des choix d'aménagement des sites et sols pollués : proposition d'une démarche méthodologique d'évaluation participative conciliant analyse multicritère à la décision et économie expérimentale, XIe Journées Françaises de l'Évaluation, 1er salon du pilotage de l'action publique, Evaluer, Evoluer, Montpellier, 19 juin 2015.

■ Plottu B., Widehem C., 2015. Les attentes sociétales des filières du végétal spécialisé, 8è rencontres du végétal, Compétitivité et efficacité des filières du végétal spécialisé, Quels leviers d'innovation variétaux agronomiques, technologiques et organisationnels ?

Mémoires de stages

■ Tournebize Mathilde, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Proposal of a category analysis methodology within a category management project between a vegetable seeds company and a national retailer.

■ Katchourine Claire, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Etablissement d'un livre vert – Possibilités d'évolutions vers un approvisionnement durable des fruits et légumes frais en grande distribution.

■ Herledan Anaëlle, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Comment faire des jardineries du groupe Poullain des lieux de détente et ludique/pédagogique afin de diversifier la clientèle ?

■ Cornilleau Xavier, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Etude des impacts du mode et du circuit de commercialisation sur la structure interne dans les exploitations fruitières – le cadre de la filière pomme.

■ Lambert Cécile, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Impact de la mise en place d'une nouvelle certification environnementale en production maraîchère : Cas de la mise en place de Leaf parmi les producteurs de la coopérative Val Nantais.

■ Nguyễn-Cao Audrey, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Importance de la démarche marketing et de l'innovation pour les fabricants de fertilisants européens engagés dans une stratégie de différenciation sur des produits à forte valeur ajoutée. Cas de Compo Expert France pour la fertilisation en fer sur vignes.

■ Montassier Matthias, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Comment appliquer la norme ISO 26000 afin de développer la responsabilité sociale de l'entreprise Chupin Espaces Verts ?

■ Gamin Elodie, 2015. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. Etude des leviers d'optimisation de la performance de l'activité maraîchage diversifié au sein d'une exploitation commercialisant à travers un magasin de producteur.

Intérêt des milieux et paysages viticoles pour les oiseaux



© Pascal Bellion

Alouette lulu perchée sur un poteau de vigne

Objectif

Nous voulions comparer l'avifaune dans différents contextes paysagers viticoles, évaluer l'influence des vignes sur la richesse et l'abondance des oiseaux et analyser la sélection des habitats par des espèces utilisant les milieux viticoles.

Contexte

En Europe, le suivi des oiseaux communs révèle depuis plusieurs décennies des déclinés de populations d'espèces spécialistes des milieux agricoles. De nombreuses études à diverses échelles spatiales ont étudié l'écologie des oiseaux dans ces milieux, mais les études en zone viticole sont plus rares. Cependant, les espaces viticoles ont des caractéristiques potentiellement intéressantes pour les oiseaux : il s'agit d'une culture pérenne associée à des zones enherbées (tournières et parfois inter-rangs) et, entre les parcelles de vigne, des habitats semi-naturels peuvent être maintenus voire même favorisés comme c'est le cas dans le territoire de l'AOC Saumur-Champigny. A l'heure où bon nombre de viticulteurs s'interrogent sur la manière de maintenir ou d'augmenter la biodiversité de leurs exploitations, des références scientifiques manquent.

Résultats

Nous avons réalisé des relevés ornithologiques à deux échelles spatiales durant deux années consécutives dans le territoire de l'AOC Saumur-Champigny. Nous avons évalué la contribution des vignobles au maintien de la diversité de l'avifaune à l'échelle du paysage et analysé la sélection des habitats à une échelle plus fine. Nous avons détecté une relation négative entre la proportion de vigne et aussi bien l'abondance que la richesse spécifique des oiseaux. Seulement deux espèces semblent répondre de manière positive à une augmentation des surfaces en vigne ; il s'agit de deux espèces spécialistes des milieux ouverts agricoles (*Alouette lulu Lulula arborea* et *Alouette des champs Alauda arvensis*). Parmi les 93 espèces relevées à l'échelle du paysage, seulement 16 utilisaient fréquemment les vignobles et la majorité y

sélectionnaient préférentiellement des habitats semi-naturels, souvent arborés, à proximité des vignes. A cette échelle, seule l'Alouette lulu sélectionnait les parcelles de vigne plus souvent que les autres habitats adjacents mais nous n'avons pas pu déterminer les critères de sélection des parcelles utilisées.

Perspectives

Notre étude a montré que malgré la richesse globale des paysages viticoles, peu d'espèces d'oiseaux utilisent directement les parcelles de vigne, et celles-ci à des niveaux d'abondance faibles. L'aménagement de milieux semi-naturels souvent boisés, notamment la plantation de haies, est une approche actuellement largement préconisée, mais nos données semblent indiquer que de telles actions risquent de favoriser seulement un cortège d'oiseaux généralistes, ayant peu d'exigences écologiques, sans pour autant améliorer l'habitat des oiseaux spécialistes des milieux agricoles dont les populations déclinent actuellement aux niveaux français et européen et qui constituent un enjeu plus fort en termes de conservation.

Partenaires

Ce travail a été réalisé au sein de l'Unité Paysage et Ecologie et financé par le programme DIVA 2 du ministère de l'écologie.

Bibliographie

- Pithon J. A., Beaujouan V., Daniel H., Pain G. Vallet J. 2016 (Available online 24 December 2015) Are vineyards important habitats for birds at local or landscape scales? Basic and Applied Ecology, doi:10.1016/j.baae.2015.12.004
- Pithon J., Fréville M., Pain G., Vallet J. 2012. L'avifaune d'un milieu viticole (AOC Saumur Champigny) : estimations d'abondance par la méthode des plans quadrillés. *Crex*, 12 : 41-46.

Contact

Joséphine Pithon, Paysage et Ecologie, ESA, 55 rue Rabelais, B.P. 30748, 49007 Angers cedex 01
Mél : j.pithon@groupe-esa.com

L'unité s'est agrandie par le recrutement d'Adeline Bulot en tant que maître de conférences en Ecologie et Botanique à Agrocampus Ouest.

Par ailleurs, le programme de recherche 'Tramix' (Contribution des activités agricoles au maintien des continuités écologiques de milieux ouverts ou fermés dans un contexte périurbain), animé par Guillaume Pain de l'unité a été finalisé.

Nouveaux post-doctorats commencés en 2015

■ **Rémi Dufлот** - Biodiversité ordinaire, agriculture & trames périurbaines. *Référents scientifiques de l'unité* : H. Daniel & J. Pithon.

PUBLICATIONS PAYSAGE & ECOLOGIE

Revue scientifique à comité de lecture

■ Daniel, H. 2015. Services écosystémiques de la végétation en ville, quelles relations entre démarche de recherche et mise en œuvre opérationnelle? Les Rencontres du Végétal 8^{ième} édition, 12 & 13 janvier 2015, Angers.

■ Daniel, H., Pithon, J., Pain G., Beaujouan, V. 2015. Does fragmentation of woodland habitats influence plant distribution along an urban rural gradient? 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science, 19–24 July 2015, Brno, République Tchèque.

■ Daniel, H., Beaujouan, V., Pain, G., Pithon, J. (2015). La biodiversité dans la ville : quels fonctionnements écologiques pour quelle intégration aux aménagements du paysage ? Colloque CIAGVille à haute intensité écologique : la place du végétal, 30 septembre 2015, Angers.

■ Cochard, A., Jagaille, M., Pithon, J., Beaujouan, V., Pain, G., Daniel, H. 2015. Influence de l'urbanisation sur la composition floristique des espaces herbacés extensifs. Colloque EcoVeg 11, Ecologie des Communautés végétales, 25 au 27 mars 2015, Grenoble.

■ Jagaille, M., Beaujouan, V., Pain, G., Pithon, J., Daniel, H., Cochard, A. 2015. Quantifying vegetation areas according to urban gradient: an analytic framework for urban studies. European Vegetation Survey 24th workshop, 4 - 8 May 2015 Rennes.

■ Pain, G. 2015. Pourquoi des réseaux écologiques ? Comité syndical du Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine, 31 janvier 2015, Turquant.

■ Pain, G., & Guerveno, S. 2015. Comment aborder la biodiversité dans le projet de territoire ? Exemple de la mise en œuvre de la TVB dans le Val d'Authion. Conférence de la Maison de l'architecture, des territoires et du Paysage, 26 février 2015 Avrillé.

Mémoires de stages

■ Geneves, A - Master 2 Université Claude Bernard - Lyon I, Lyon. Étude du cortège avifaunistique du bocage des Pays-de-la-Loire et comparaison des niveaux d'abondance avec la littérature.

■ Guy, J. - Master I Université Paul Sabatier, Toulouse III. Etude des groupements végétaux des milieux herbacés le long d'un gradient ville – campagne.

■ Krolczyk, L.- Master2 (DEBATs), Chaire Unesco, MNHN, AgroParis-Tech. Les exploitations agricoles et les continuités de prairies : des simulations de paysage au cœur de la politique de la Trame Verte et Bleue.

Origine de l'épidémie de chancre bactérien du kiwi en France

Objectif

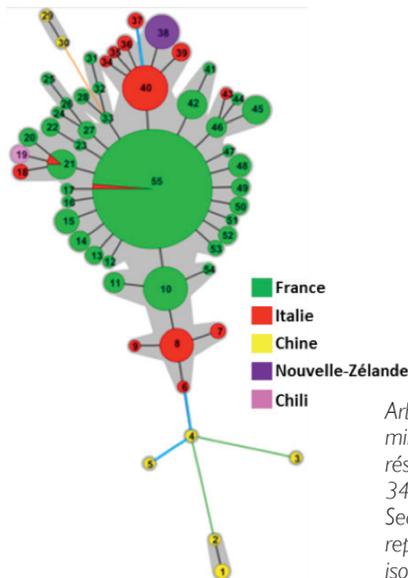
L'objectif de cette étude était de retracer les routes d'invasion et d'identifier l'origine des souches de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (*Psa*), agent responsable de la bactériose du kiwi, isolées en France pour la première fois en 2010.

Contexte

Des souches de *Psa* ont été isolées dans différents pays ces 30 dernières années. Depuis 2012 elles ont été groupées au sein de 3 biovars selon leurs propriétés biologiques, pathologiques et génétiques, et un nouveau pathovar a été identifié : *P. s.* pv. *actinidifoliorum* (*Psaf*). Le biovar 3 (*Psa* b3) inclut les souches responsables de la récente épidémie apparue en Italie en 2008 et qui à ce jour touche l'Asie, l'Europe, l'Océanie et l'Amérique du sud. *Psa* b3, détecté pour la première fois en France en 2010, a immédiatement impacté la filière du kiwi dans les principales régions productrices (sud-est et sud-ouest). Afin de mieux comprendre les voies d'introduction de *Psa* b3 en France, une analyse de structuration des populations de *Psa* b3 a été initiée.

Résultats

La caractérisation des souches isolées en France avait révélé la présence de populations de *Psa* et de *Psaf*. Une analyse MLVA (*Multilocus Variable-number of tandem repeats Analysis*) a été conduite sur une large collection de 340 souches de *Psa* b3 isolées en France (264) et en Italie (53), mais également sur des souches isolées en Nouvelle-Zélande (12), au Chili (3) et en Chine (8) (très certainement le centre de diversification de *Psa*). Un schéma MLVA comprenant un set de 11 VNTR (Variable-Number of Tandem Repeats) a été développé à partir de l'analyse de génomes de *Psa* et de *Psaf*. Les résultats de l'analyse MLVA, soutenus par une analyse multivariée (DAPC), ont mis en évidence le lien étroit entre les souches isolées en France et en Italie, corroborant l'hypothèse que l'épidémie serait arrivée en France via des plants contaminés originaires d'Italie. En effet, *Psa* b3 a été détectée en Italie en 2008, puis en France en 2010, et de nombreux plants ont été importés d'Italie en France au début des années 2000. Nous avons développé un schéma MLVA adapté pour explorer la diversité au sein des souches de *Psa* b3, schéma qui pourra être utilisé dans d'autres pays afin de retracer les origines des épidémies.



Arbre de recouvrement minimum construit avec les résultats du génotypage de 340 souches de *Psa* (54 Sequence Types identifiés et représentés par des chiffres) isolées dans 5 pays différents.

Perspectives

Les informations génétiques issues de ces études ainsi que celles acquises suite au séquençage de 5 souches de *Psaf* isolées en France ont servi au développement d'une méthode de détection directe sur matrice végétale par PCR temps réel TaqMan de *Psa* et de *Psaf*. Des gènes et séquences spécifiques de chaque biovar et pathovar ont été identifiés et ont permis de développer des PCRs TaqMan simplex. La spécificité des 5 PCRs, évaluée sur 416 souches cibles et non cibles, est de 100% pour chaque PCR et le seuil de détection est de l'ordre de 10^2 à 10^3 UFC/mL. Cette méthode permettra de sécuriser le commerce des plants, d'améliorer la gestion de la maladie au verger et de cibler les points de contrôle indispensables pour éviter l'introduction de la maladie dans d'autres pays.

Partenaires

UMR IRHS (INRA - Agrocampus Ouest - Université d'Angers), Beaucouzé. SFR Quasav. Laboratoire de la Santé des Végétaux, Anses (Thèse cofinancée Anses - Région des Pays de la Loire). CIRM-CFBP (Centre International de Ressources Microbiennes-Collection Française des Bactéries associées aux Plantes). ANAN (plate-forme analyses des acides nucléiques SFR Quasav).

Bibliographie

- Cuntly A, Poliakoff F, Rivoal C, Cesbron S, Saux FL, Lemaire C, Jacques M, Manceau C, Vanneste J. 2015. Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (*Psa*) isolated from France and assignment of *Psa* biovar 4 to a de novo pathovar: *Pseudomonas syringae* pv. *actinidifoliorum* pv. nov. *Plant Pathology* 64:582-596.
- Cuntly A, Cesbron S, Poliakoff F, Jacques M, Manceau C. 2015. The origin of the outbreak in France of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar 3, the causal agent of bacterial canker of Kiwifruit, revealed by a Multilocus Variable-number of Tandem Repeat Analysis. *Applied and environmental microbiology*:AEM.01688-01615.

Contact

Françoise Poliakoff, Laboratoire de la Santé des végétaux, 7 rue Jean Dixmèras, 49044 Angers, cedex 01. Mél : francoise.poliakoff@anses.fr

Emergence de la bactérie *Xylella fastidiosa* en Europe : après l'Italie, la France.

Xylella fastidiosa, bactérie du xylème et originaire du continent américain, a été détectée fin 2013 dans la région des Pouilles en Italie du Sud sur oliviers (Saponari et al., 2013). La superficie de la zone contaminée, estimée à 8 000 ha à l'époque, s'avère être aujourd'hui de plus de 300 000 ha. La souche de *Xylella fastidiosa*, isolée en Italie, a été identifiée comme appartenant à la sous-espèce *pauca*, taxonomiquement proche d'une souche costaricaine présente sur laurier-rose et caféier. En Italie, cette bactérie est également présente et pathogène sur laurier-rose, amandier, cerisier ainsi que sur espèces ornementales, entre autres : *Acacia saligna*, *Polygala myrtifolia*, *Westringia fruticosa* et *Spartium junceum*. Un seul insecte vecteur a été identifié à ce jour dans les Pouilles, le cercope des prés (*Philaenus spumarius*), par ailleurs largement répandu en Europe.

En France, la bactérie a été isolée et interceptée en 2012 par le laboratoire de la santé des végétaux, unité bactériologie, virologie, OGM (LSV-UBVO) de l'Anses sur caféiers (*Coffea arabica* et *C. canephora*) originaires d'Equateur et du Mexique, puis en 2014 et 2015 sur des caféiers originaires de Costa-Rica et du Honduras importés via les Pays-Bas. Ces souches ont été positionnées phylogénétiquement par MLST à l'INRA par l'équipe de Marie-Agnès Jacques (équipe EmerSys, UMR1345 IRHS). Les génomes de ces isolats ont été séquencés et une analyse de génomique comparative a été conduite (Jacques et al., 2016).

Le 22 juillet 2015, le LSV détecte le premier foyer de *Xylella fastidiosa* en Corse sur *Polygala myrtifolia* (Polygale à feuille de myrte). Il valide la méthode de détection par PCR en temps réel (Harper et al., 2010) qui est publiée comme méthode officielle (https://www.anses.fr/fr/system/files/ANSES_MA039_Xylellafastidiosa_final.pdf). Fin 2015, après l'analyse de plus de 4000 échantillons sur cette plante ornementale et sur d'autres plantes hôtes, il apparaît qu'il s'agit de souches de *Xylella fastidiosa* appartenant à une sous-espèce différente de la souche rencontrée en Italie, la sous-espèce multiplex. Ces souches présentent une gamme d'hôtes différenciée :

<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	<i>Genista ephedroides</i> DC.	<i>Pelargonium graveolens</i> L'Hér
<i>Artemisia arborescens</i> L.	<i>Hebe</i>	<i>Polygala myrtifolia</i> L.
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.
<i>Cistus monspeliensis</i> L.	<i>Lavandula dentata</i> L.	<i>Quercus suber</i> L.
<i>Cistus salviifolius</i> L.	<i>Lavandula stoechas</i> L.	<i>Rosa x floribunda</i>
<i>Coronilla valentina</i> L.	<i>Myrtus communis</i> L.	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.
<i>Genista x spachiana</i>		<i>Spartium junceum</i> L.
(syn. <i>Cytisus racemosus</i> Broom)		

Dans le cadre d'une collaboration Anses-INRA (équipe EmerSys), la caractérisation et l'identification des souches en présence par PCR (Hernandez-Martinez et al., 2006), MLST, MLSA et le séquençage du génome de trois souches isolées à partir des foyers corses, montrent que les souches s'apparentent à deux groupes de souches identifiés aux Etats-Unis (Dixon (ST6) et Griffin1/M12 (ST7)). Ces résultats corroborent l'hypothèse que deux introductions de la bactérie *Xylella fastidiosa* auraient eu lieu. En octobre 2015, des *Polygala myrtifolia* contaminés sont détectés également en région PACA.

Le Laboratoire de la santé des végétaux mène également en collaboration avec l'INRA (équipe EmerSys), des travaux dans le cadre du projet régional SAPALIEN (projet RFI Objectif Végétal) concernant le pouvoir pathogène. Dans le projet européen H2020 PONTE (2015-2019) dont il est partenaire, son action vise principalement l'optimisation et la validation de méthodes de détection de la bactérie notamment sur insectes vecteurs.

Harper S.J., Ward L.I. and Clover G.R.G. Development of LAMP and real-time PCR methods for the rapid detection of *Xylella fastidiosa* for quarantine and field applications, *Phytopathology*, 2010 erratum 2013; 12: 1282-1288.

Jacques M.A., Denancé N., Legendre B., Morel E., Briand M., Mississippi S., Durand K., Olivier V., Portier P., Poliakoff F. and Crouzillat D. 2015. New Variants of Coffee-infecting *Xylella fastidiosa* issued from homologous recombination. *Applied Environmental Microbiology* 2015, [Epub ahead of print]

Saponari, M., Boscia, D., Nigro, F., & Martelli, G. P. (2013). Identification of DNA sequences related to *Xylella fastidiosa* in oleander, almond and olivetrees exhibiting leaf scorch symptoms in Apulia (Southern Italy). *Journal of Plant Pathology*, 95 (3).

Rédacteurs : Françoise Poliakoff et Bruno Legendre (Anses – LSV Angers)

Revue scientifique à comité de lecture

- Bertolini, E., Teresani G.R., Loiseau M., Tanaka F.A.O., Barbé S., Martínez C., Gentit P., López M.M. and Cambra M. 2015. Transmission of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in carrot seeds. *Plant Pathology*, 64: 276-85.
 - Cuntz, A., Cesbron S., Poliakoff F., Jacques M.A. and Manceau C. 2015. Origin of the outbreak in France of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar 3, the causal agent of bacterial canker of kiwifruit, revealed by a multilocus variable-number tandem-repeat analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 81: 6773-89.
 - Cuntz, A., Poliakoff F., Rivoal C., Cesbron S., Fischer-Le Saux M., Lemaire C., Jacques M.A., Manceau C. and Vanneste J.L. 2015. Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) isolated from France and assignment of Psa biovar 4 to a de novo pathovar: *Pseudomonas syringae* pv. *actinidifoliorum* pv. nov. *Plant Pathology*, 64: 582-96.
 - Loiseau, M. 2015. European inter-laboratory comparison of detection methods for "flavescence dorée" phytoplasma: preliminary results. *Phytopathogenic Mollicutes*, 5 (Suppl.): 35-37.
- ## Autres revues scientifiques
- Mathis, R., Fricot C., Larenaudie M., Quillévéré A., Rolland M., Grimault V., Olivier V., Dousset C., Gentit P., Germain R., and Baldwin T. 2015. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*: optimization of detection in seed and effect of seed treatment on efficiency of detection methods. *Acta Horticulturae*, 1069: 113-118.
 - Saison, A., Gentit P., Tassus X., and Poliakoff F. 2015. Methods comparison for the detection of Pepino mosaic virus (PEPMV) on tomato seeds. *Acta Horticulturae*, 1069: 133-137.
 - Suchard, P.C., Gentit P., and Poliakoff F. 2015. Comparison and evaluation of methods for detection of Tomato infectious chlorosis virus (TICV) Tomato chlorosis virus (ToCV). In *Acta Horticulturae*, 1069: 119-126.
 - Visage, M., Gentit P., Leguay A., Tassus X. and Poliakoff F. 2015. Comparison of methods for detection of pospiviroids infecting Solanaceae. *Acta Horticulturae*, 1069: 139-148.

Revue techniques

- Legendre, B. 2015. Ce que vous devez savoir sur *Xylella fastidiosa*, Le Point.fr.
- Legendre, B. and Olivier V. 2015. *Xylella fastidiosa*. Un parasite sous surveillance, La Vigne, 277.
- Legendre B., Olivier V., Poliakoff F. and Denancé N. 2015. Bactérie *Xylella fastidiosa* : l'Anses et l'INRA étudient son pouvoir pathogène, Vitisphère.

Communications colloques

- Bonants P., Streito J.C., Elphinstone J., Portier P., Robert V., Blümel S., Van der Blom M., Gentit P., De Vos P. and Petter F. 2015. Results of the Q-collect project." In *Testa - EPPO Conference on diagnostics for plant pests*, edited by EPPO. Angers.
- Conflon D., Urbino C., Granier M., Gentit P. and Peterschmitt M. 2015. Assessing the possible maintenance of TYL-CV-satellite association: O.21. In *15ième Rencontres de virologie végétale*, edited by Cirad and Ird, 34-34. FRA: 15.
- Cuntz A., Cesbron S., Poliakoff F., Jacques M.A. and Manceau C. 2015. Biological and epidemiological studies of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* and *Pseudomonas syringae* pv. *actinidifoliorum* pathogenic on kiwifruit to improve detection. In *Testa - EPPO Conference on diagnostics for plant pests*, edited by EPPO. Angers, France.
- Cuntz A., Cesbron S., Poliakoff F., Jacques M.A. and Manceau C. 2015. Multilocus VNTR analysis of *P. s.* pv. *actinidiae* and pv. *actinidifoliorum* strains isolated from symptomatic kiwifruit. In *9th International Conference on Pseudomonas syringae and Related Pathogens*. Málaga, Espagne.
- Cuntz A., Cesbron S., Poliakoff F., Jacques M.A. and Manceau C. 2015. Multilocus VNTR Analysis of *P. s.* pv. *actinidiae* and pv. *actinidifoliorum* strains isolated from symptomatic kiwifruit. In *II international Psa symposium*. Bologne, Italie.
- Gentit P. 2015. Les virus des plantes : Action et dissémination. In *Rencontre Sud-Ouest de la surveillance biologique du territoire : Gestion des parasites émergents en cultures spécialisées*, edited by Chambre d'agriculture d'Aquitaine. Bordeaux.
- Legendre B., Molusson D., Denancé N., Jacques M.A. and Poliakoff F. 2015. *Xylella fastidiosa* outbreak in Europe: new genotypes in Corsica. In *Testa - EPPO Conference on diagnostics for plant pests*, edited by EPPO. Angers, France.

- Legendre B., Olivier V., Molusson D., Mississipi S., Couton A., Hervouet M., Moisson M. and Poliakoff F. 2015. Intra and inter-laboratory evaluations of molecular methods for the detection of *Xylella fastidiosa*. In *2nd International Workshop on Bacterial diseases of Stone Fruits and Nuts*. Izmir -Turkey.
- Loiseau M., Renaudin I., Cousseau-Suhard P. and Gentit P. 2015. *Candidatus Liberibacter solanacearum*: une menace pour les cultures françaises ? In *Journée scientifique ASF: Potagères et florales*. St Pol de Léon (France).
- Loiseau, M. 2015. Euphresco Grafdepi group: European interlaboratory comparison of detection methods for "flavescence dorée" phytoplasma: preliminary results. In *3rd IPWG meeting*, edited by IPWG. Mauritius.
- Loiseau M., Cousseau-Suhard P., Renaudin I., Lucas P.M. and Gentit P. 2015. Assessment of performance criteria of DNA amplification methods for detection of *Candidatus Liberibacter solanacearum*. In *Testa - EPPO Conference on diagnostics for plant pests*, edited by EPPO. Angers.
- Loreti S., Poliakoff F., Stefani E., Abeillera A., Balestra G.M., Gaffuri L.C.F., Giovanardi D., Glynos P.E., Gottsberger R., Holeva M.C., Karahan A., Karafra C.D., Lopez M.M., Mazzaglia A., Pucci N., Pilotti M., Taylor R.K., Taratufolo M.C. and Vanneste J. 2015. A test performance study (TPS) on the detection and identification of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* from wood and pollen blind samples. In *II international Psa symposium*. Bologne, Italie.
- Saison A. and Gentit P. 2015. Development of a polyvalent detection method for Begomoviruses presenting a threat to the European tomato industry. In *Testa - EPPO Conference on diagnostics for plant pests*. Angers.

Mémoires de thèse et HDR

- Cuntz A. 2015. Doctorat de l'Université d'Angers. Caractérisation de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* l'agent responsable de l'émergence d'une épidémie de chancre bactérien du kiwi en France et description de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidifoliorum*, agent causal de taches foliaires sur kiwi.
- Conflon D. 2015. Evaluation de la capacité du Tomato yellow leaf curl virus à maintenir des ADN satellites.

Conseil scientifique du GEVES et bilan des travaux de recherche menés au GEVES

Le GEVES a tenu en 2015 son premier conseil scientifique depuis la mise en place de la politique scientifique 2012-2017, avec ses nouveaux membres. La politique scientifique du GEVES y a été présentée, ainsi que le bilan des travaux de recherche menés au GEVES depuis 2012. Chargé d'accompagner et de conseiller le GEVES sur la politique et les programmes de recherche menés, le conseil scientifique a un rôle d'éclairage sur les domaines en lien avec les missions du GEVES. Il est constitué de huit scientifiques extérieurs, travaillant dans différents domaines des sciences du végétal. Le conseil scientifique est composé de Didier ANDRIVON, chercheur en biologie végétale dans l'unité Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes (IGEPP) à l'INRA de Rennes, Elisabeth CHEVREAU, chercheuse INRA

en génétique fruitière et résistance aux maladies à l'Institut de Recherche en Horticulture et Semences (UMR IRHS), Anne LAPERCHE, maître de conférences à Agrocampus Ouest spécialisée sur le colza et la tolérance aux contraintes abiotiques, Frédéric BARET chercheur à l'INRA PACA dans le domaine du phénotypage et de la télédétection, Daniel GABILLARD directeur adjoint Recherche chez Vilmorin, Marie-Christine GRAS sélectionneuse plantes fourragères et à gazons chez RAGT, Peter ROGOWSKY, chercheur INRA basé à l'École Nationale Supérieure de Lyon, expert en biologie moléculaire et biotechnologies, et Françoise CORBINEAU, professeure spécialisée dans la qualité des semences à l'Université Pierre et Marie Curie.

Nouveaux projets et partenariats scientifiques

■ **CASDAR Semences - Carie-Able** : Carie commune : étude de la variabilité des populations en France en vue du développement d'un test de résistance variétal pour l'inscription des variétés de blé tendre en Agriculture Biologique

Thème de recherche : *Evaluation des Génotypes dans leur environnement*

■ **CASDAR Semences - Caractérisation des variétés de tournesol face au *Verticillium*** : au point d'un protocole en lien avec la nuisibilité de la maladie.

Thème de recherche : *Evaluation des Génotypes dans leur environnement*

■ **CASDAR Semences - Archibet** : Phénotypage des variétés de betterave pour leur capacité à exercer une concurrence sur le développement des adventices.

Thème de recherche : *Evaluation des Génotypes dans leur environnement*

■ **CASDAR Semences - Irigam** : Identification de Résistances à l'Infection des Grains par *Fusarium graminearum* et à l'Accumulation des Mycotoxines au sein des variétés de blé françaises grâce à la mise en place de nouvelles technologies de phénotypage

Thème de recherche : *Evaluation des Génotypes dans leur environnement*

■ **CASDAR Semences - Regate** : Diversité génétique des populations et variétés à gazon de ray-grass anglais et fétuque élevée pour leur Réponse Germinative à la Température : Implications pour la gestion et la valorisation des ressources génétiques, la création variétale et la compétitivité sur le marché

Thème de recherche : *Qualité des Semences*

■ **Ecophyto, Onema - Dityluz** : Acquisition d'outils méthodologiques pour la détection et la quantification du nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci*, sur semences de luzerne (*Medicago sativa* L.). Mise au point d'un test de viabilité et adaptation de l'échantillonnage et de l'échantillon analysé.

Thème de recherche : *Qualité des Semences*

■ **OCVV - Case** : study on minimum distances between vegetatively reproduced ornamental and fruit varieties

Thème de recherche : *Gestion des collections*

■ **ANR - Reguleg** : Régulation de l'adaptation de la qualité de la graine à son environnement pour produire des variétés mieux adaptées aux changements climatiques.

Thème de recherche : *Qualité des Semences*

Projet « Evaluation des variétés nouvelles pour un usage en inter-culture »

Ce projet porté par le GEVES de 2012 à 2015 proposait de déterminer les indicateurs et traits variétaux prédictifs des fonctions associées aux cultures intermédiaires, d'adapter les méthodologies existantes et d'élaborer les protocoles expérimentaux correspondants, d'évaluer la variabilité génétique existante et de définir les idéotypes variétaux répondant aux fonctions ciblées. Il a permis d'identifier des méthodes d'évaluation déployables :

- La mesure précoce au champ de la biomasse aérienne est un test probant pour des plantes à usage en inter-culture courte.
- Le phénotypage de la germination permet d'identifier des différences variétales au sein des espèces testées

pour leur facilité d'installation en conditions estivales stressantes.

- Des dispositifs expérimentaux multilocaux permettent d'évaluer la capacité des espèces et des variétés à capter et restituer l'azote, moyennant l'adaptation des protocoles aux espèces ciblées et l'application de méthodes d'ajustement des données brutes.
- Les méthodes d'évaluation des cultures intermédiaires pour leur capacité à lutter contre les bioagresseurs méritent d'être approfondies avant d'être déployées.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet connaissent une mise en œuvre opérationnelle par la commission CTPS Inter-Sections Plantes de Services créée en 2014.

Céréales à paille : « Affinement des méthodes de cotation pour la résistance variétale aux bioagresseurs et étude de l'évolution du niveau de résistance au Catalogue français »

Cet Appui Méthodologique à la section céréales à paille du CTPS, coordonné par le GEVES, en partenariat avec ARVALIS Institut du végétal, de 2013-2015, a permis d'améliorer et d'affiner les méthodes de cotation de la résistance variétale aux bioagresseurs des céréales à paille. Une nouvelle procédure de cotation pluriannuelle, dénommée TROCADERO, a été développée au GEVES pour définir la cotation VATE. Les méthodes de cotation retenues ont été validées pour le blé tendre par les commissions d'experts VATE et bioagresseurs et présentées à la Section CTPS Céréales à paille en octobre 2014 et en janvier 2015. Depuis 2014-

2015, dix caractères peuvent être cotés avec la méthode TROCADERO pour l'inscription des variétés de blé tendre au catalogue français : fusariose, septoriose (*Zymoseptoria tritici*), piétin verse, rouille jaune, rouille brune, oïdium, épiaison, hauteur, alternatifité et verse. Une cotation intermédiaire dès la fin de la 1^{ère} année peut aussi être délivrée. Des indicateurs de stabilité de la résistance variétale ont également été définis ainsi que des modèles statistiques appropriés à l'agent pathogène étudié pour la mise à jour des notes de résistance.

Projet « Amélioration de l'évaluation de la résistance de la courgette aux Cucumber mosaic virus (CMV), Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) et Watermelon mosaic virus (WMV) ».

Ce projet, coordonné par le GEVES, réunit l'unité Pathologie végétale de l'INRA PACA et les sociétés semencières et vise à mettre au point un test d'évaluation de la résistance des variétés de courgette à 3 virus : CMV, WMV et ZYMV. Des tests inter-laboratoires ont été organisés pour valider les souches et témoins de référence et valider les protocoles retenus ainsi qu'une nouvelle règle d'interprétation

des résultats. Des protocoles d'évaluation de la résistance de la courgette à ces virus sont maintenant disponibles pour le CTPS et pourront être proposés à l'OCVV et UPOV.



Projet TESTA



Le GEVES participe au projet européen TESTA (FP7 KBBE 2012-2016) comprenant 13 partenaires internationaux. Ce projet vise entre autres à développer et valider des méthodes d'analyses de la qualité sanitaire des semences plus globales, plus rapides et plus efficaces

Les résultats de ce projet ont été présentés au cours de la conférence OEPP sur le diagnostic des maladies des plantes. Les GEVES a, à cette occasion, organisé deux workshops présentant les méthodes mises au point dans le projet. 47 participants ont assisté au workshop qui a également accueilli sur la proposition du GEVES le workshop organisé par les collègues de l'Université de Wageningen.

Le GEVES a étudié et validé une méthode de désinfection des semences de luzerne contre le nématode *Ditylenchus dipsaci* en collaboration avec la société Incotec. Il a déve-

loppé un biotest et un test de "grow-out" permettant de valider l'efficacité de la méthode de traitement. Il a par ailleurs validé une méthode de détection de ce nématode sur luzerne et féverole, par filtration puis identification morpho-biométrique et PCR, en étudiant les critères de performance de la méthode au sein du laboratoire de pathologie en collaboration avec BioGEVES puis en organisant un essai inter-laboratoires de validation. Cette méthode sera proposée à l'OEPP et l'ISTA.

Le GEVES a également validé une méthode de détection de *Phoma lingam* sur semences de *Brassica* spp en collaboration avec l'ISHI selon les mêmes modalités. Cette méthode sera proposée à l'ISTA.

Enfin, le laboratoire de pathologie et BioGEVES ont mis au point un protocole de détection précoce par PCR permettant d'évaluer la transmission des semences aux plantules et au sol et du sol aux plantules, de la carie du blé. Les résultats épidémiologiques associés ont permis au ministère de définir une dérogation à la norme de certification de la carie en France.

Phénotypage de la fusariose par le Vidéomètre

En 2012-2015, Une méthode de phénotypage par imagerie multispectrale sur grains (Vidéomètre) a été mise au point par le GEVES pour évaluer la résistance variétale à la fusariose des épis, induite par *Fusarium graminearum*, sur blé tendre et blé dur. L'algorithme Fusa spectral blé tendre, développé par le GEVES, a été protégé à l'Agence de Protection des Programmes en 2015. Cette méthode de



phénotypage a été utilisée en routine pour la première fois en 2015 pour évaluer la résistance variétale du blé tendre à la fusariose au GEVES de l'Anjouère pour l'inscription des variétés au Catalogue français, en remplacement des notations visuelles au champ sur épis.

Fusa Spectral Blé Tendre version 1.0 N° IDDN.FR.001.400034.000. R.P.2015.000.21000 Date de dépôt du logiciel auprès de l'Agence pour la Protection des Programmes : 29/09/2015 ; Contributeurs : Vadaine R; Cadot V; Demilly D; Maigniel J-P

Revue scientifique à comité de lecture

- Benoit L., Belin E., Dürr C., Chapeau-Blondeau F., Demilly D., Ducournau S., Rousseau D. 2015. Computer vision under inactinic light for hypocotyl-radicle separation with a generic gravitropism-based criterion. *Computers and Electronics in Agriculture*, 111: 12-17.
- Benoit L., Benoit R., Belin., Vadaine R., Demilly D., Chapeau-blondeau F., Rousseau D. 2015. On the value of the Kullback-Leibler divergence for cost-effective spectral imaging of plants by optimal selection of wavebands. *Machine Vision and Applications, Special Issue 1-11* DOI 10.1007/s00138-015-0717-7.

Autres revues scientifiques

- Cadot V. 2015. Mosaïques de l'orge : Identification des virus prédominants impactant sur le rendement et la qualité technologique, en vue d'orienter la sélection vers une résistance durable. Actes du 17ème Colloque Orges brassicoles, 16 avril 2015, Nancy, p81-90.
- Lassalvy S., Gensollen V., Richard b., Cadot V., Escriou H. 2015. Variety stability and tools for description of Genotype x Environment interactions in a trial network. Examples based on data from the official French turf, sugar beet and cereal trial, *Biuletyn Oceny odmian*. 34, 19-44.
- Mathis, R., Fricot, C., Larenaudie, M., Quillévéry, A., Rolland, M., Grimault, V., Olivier, V., Dousset, C., Gentit, P., Germain, R., Baldwin, T., 2015. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*: optimization of detection in seed and effect of seed treatment on efficiency of detection methods. *Acta Horticulturae*. 1069, 113-118.

Revue techniques

- Bernicot MH, Cadot V. Masson F. 2015. "Regards sur l'enjeu de la résistance aux maladies pour les décisions d'inscription des variétés au catalogue français pour différentes espèces de grande culture » *Phytoma dossier les maladies de plantes* décembre 2015, 689, 20-26 .
- Leclercq, D., 2015. L'évaluation des inscriptions évolue. *Réussir Grandes Cultures*, p291, mai 2015.
- Orgeur G, Jestin C, Manzanares M and Grimault, V (2015) Hernie sur

colza: la résistance variétale peut enfin être évaluée. *Phytoma*, 684: 14-17.

- Palleau JP, Biarnes V, Retailleau JM, 2015. Variétés de pois d'hiver: un progrès incontestable. *Perspectives agricoles*, 424: 36-40
- Torres M., Brand R.-Le greffage des cultures légumières en France et dans le monde : état des lieux et programmes de recherche – Article Infos Ctifl 313 :52- p 60.

Communications colloques

- Bastide F., Sérandat I., Grimault V., Poupard P., Simoneau P., Cazanove N., Gombert J., Morel E., Kolopp J., Guillermin P-L., Laurent E. 2015. Umbel browning and stem necrosis on carrot in France: isolation and characterization of the fungal pathogen, (e-poster presentation), IPPC 2015 (International Plant Protection Congress) 24-28 August 2015, Berlin, Allemagne.
- Bastide F., Sérandat I., Wident M., Tragin M., Stapel O., Hallier S., Loubaud M., Grimault V., 2015. Milarom project: Study of downy mildew caused by a *Peronospora* sp. On basil in France, 11th International Conference on Plant Diseases 07-09 December 2015, Tours, France.
- Benoit L., Rousseau D., Belin E., Dürr C., Vadaine R., Demilly D., Ducournau S., Chapeau-Blondeau F. 2015. ElonCam : instrumentation et analyse d'images pour le suivi automatisé individualisé du développement de semences et de plantules. *Les Rencontres du Végétal*. 8ème édition, Angers, France, 12-13 janvier 2015.
- Bernicot MH, Cadot V. Masson F. 2015. Regards sur l'enjeu de la résistance aux maladies pour les décisions d'inscription des variétés au catalogue français pour différentes espèces de grande culture. *AFPP – 11e Conférence Internationale sur les maladies des plantes*, Tours – 7-9 décembre 2015.
- Cadot V. 2015. Questionnaire on bioagressors, EU-VCU Experts Seminar, COBORU-SDOO Pawlowice, Poland, July 1-3, 2015.
- Cadot V., Vadaine R., Maigniel J-P., Demilly D. (2015). Multispectral imaging : a new method of phenotyping wheat variety resistance to *Fusarium graminearum* and a preliminary approach to assess DON. 13th European Fusarium Seminar (EFS13). 10-14 mai 2015.
- Cadot V., Vadaine R., Maigniel J-P., De-

milly D. (2015). Imagerie multispectrale: une nouvelle méthode de phénotypage pour évaluer la résistance variétale du blé tendre et du blé dur à la fusariose des épis. CIMA (Conférence Internationale sur les maladies des plantes) 7-9 décembre 2015.

- Demilly D. (2015) Digital imaging of seed germination. Conference State of the art - seed germination phenotyping technologies and their application for genetic studies Université du Costa Rica San José Costa Rica 29/09/2015
- Demilly D. 2015. Digital imaging of seed germination Image analysis. Workshop State of the art - seed germination phenotyping technologies and their application for genetic studies. Université du Costa Rica San José Costa Rica 30/09/2015.
- Demilly D. 2015. From dry seed to young seedling, germination and heterotrophic growth phenotyping. IBG2 – JPPC Jülich Invited speaker 14 Décembre 2015.
- Demilly D. 2015. Imagerie de la germination. Conférence "Nouvelles technologies de phénotypage et de Biologie Moléculaire : pour qui et pour quoi faire ?" SIVAL – Angers 15 janvier 2015.
- Demilly D. 2015. Du champ au laboratoire, gérer un parc matériel varié dans un système qualité multi référentiel. Rencontres Francophones de la Qualité et de la Mesure (RFQM) 28 avril 2015, Angers.
- Demilly D. 2015. Phénotypage de la vigueur des semences de colza dans le projet européen CONVIGOUR Journée d'animation de l'axe "Analyse structurale et Métabolomique" de Biogenouest Nantes 18/01/2015.
- Ducournau S., Boudehri-Giresse K., Demilly D., Grimault V. Perrot S. Wagner M.H. 2015. Réunion des centres de ressources génétique – Organisation SNES, 17/12/2015.
- Ducournau S., Demilly D. (2015). PHE-NOTIC Offre Phenosem, Rencontres du végétal Agrocampus Ouest Angers, 12-13 janvier 2015.
- Grimault V, Orgeur G 2015. Alternative method to detect *Phoma* and *Peronospora valerianellae* by grow out. ISHI ITG, 20-25th June 2016, Egmond aan zee, Netherland.
- Grimault V, Orgeur G 2015. TESTA Task 5.7: Validation of detection methods for *Phoma lingam* (=Leptosporia maculans). ISHI ITG, 20-25th June 2016, Egmond aan zee, Netherland

■ Le Champion A., Bernicot M-H, Fontaine L., Bonin L., Rolland B., 2015. Quelle place de la variété dans la maîtrise des adventices pour la culture du blé tendre d'hiver? Rencontres sur la gestion durable des adventices en grande culture organisées par le GIS GC HP2E en partenariat avec le RMT Florad, 15 décembre 2015, Paris.

■ Leclercq, D., Bagot, P., Bourdon, P., Crignon, R., Dürr, C., Dutheil, J., Duval, R., Gensollen, V., Grimault, V., Hellou, G., Heno, S., Houdault, S., Julier, B., Justes, E., Labreuche, J., minette, S., Perrot, S., Raveneau, M-P., Tribouillois, H., TROTTIN, Y., Wagner, M-H., Walczak, P. 2015. Evaluation des variétés nouvelles pour un usage en interculture. Séminaire CTPS, Paris, France, 1er décembre 2015.

■ Matthews S., Mavl K., Wagner M.-H., Powell A. 2015. Quick, convenient measures of seed germination for routine use in seed bank monitoring. ISSS Seed Longevity Workshop, Wernigerode, Germany, July 5-8, 2015.

■ Orgeur G. 2015. La carie commune du blé, les Terrenales, 28 et 29 Mai 2015 Saint Maturin sur Loire.

■ Orgeur G., Chamaille A., Avrillon M., Andro C., Serandat I., Grimault V. 2015 Theoretical session: Detection of *Ditylenchus dipsaci/gigas* in Alfalfa and Faba bean seeds. WORKSHOP TESTA. December 2015. GEVES, Beaucozéz.

■ Orgeur G., Chamaille A., Avrillon M., Beduneau H., Andro C., Lareunaudie M., Rolland M., Thomas J., Wood T., Grimault V. 2015. Comparison of detection methods for *Ditylenchus* in alfalfa and Fava Bean seed lots and method validation. TESTA-EPPO conference. December 2015. Palais des congrès, Angers.

■ Orgeur G., Chamaille A., Lebourg D., Dupuy A., Andro C., Rolland M., Gombert J., Valade R et Grimault V (2015) TESTA (Projet européen) : Étude de la transmission de la carie du blé. Journée technique d'info céréales. Décembre 2015. GEVES-SNES, Beaucozéz.

■ Orgeur G., Chamaille A., Leclerc S., Rolland R., Serandat I., Grimault V. 2015. Theoretical session: Detection of *Phoma lingam* by malt agar and blotters tests in brassicae seeds. WORKSHOP TESTA. December 2015. GEVES, Beaucozéz.

■ Orgeur G., Chamaille A., Serandat I., Dupuy A., Rolland M., Gombert J., Valade R., Grimault V. 2015. Detection of viable spores of *Tilletia caries* in a seed lot and a PCR protocol to study their

transmission to soil and plants. TESTA-EPPO conference. December 2015. Palais des congrès, Angers.

■ Orgeur G., Delaunay A., Lebourg D., Bagot P., Corbel AL, Perrot S, Manzanares MJ, Grimault V, AND Jestin C. 2015 Distribution and characterization of clubroot pathotypes in the main WOSR production areas in France. 14th International Rapeseed Congress, Saskatoon Canada

■ Orgeur G., Jestin C., Delaunay A., Lebourg D., Bagot P., Corbel A.L, Perrot S., Manzanares-Dauleux M.J., Grimault V. 2015. Hernie du Colza : Caractérisation des pathotypes en France et mise au point d'un test POUR L'évaluation de la résistance des variétés de colza. Poster et article présentés au Séminaire de restitution CTPS, 1er Décembre 2015, Paris.

■ Orgeur G., Jestin C., Delaunay A., Lebourg A., Bagot P., Corbel A.L., Perrot S., Manzanares-Dauleux M.J., Grimault V. 2015. Hernie du Colza : Caractérisation des pathotypes en France et mise au point d'un test POUR L'évaluation de la résistance des variétés de colza. Poster. AFPP – 111ème Conférence Internationale sur les maladies des plantes. Tours. Décembre 2015.

■ Orgeur G., McEwan M., Chamaille A., Litou B., Lareunaudie M., Andro C., Rolland M., Grimault V. (2015). Validation of detection protocol of *Phoma lingam* on brassicae seeds by blotter or media. TESTA-EPPO conference. December 2015. Palais des congrès, Angers.

■ Orgeur G., Serandat, I., Gombert J., Grimault V. 2015. Mesure de la viabilité des agents pathogènes transmis par les semences pour l'évaluation de l'efficacité des méthodes alternatives de traitements - Rencontres du végétal 2015- 13 Janvier 2015.

■ Orgeur G., Serandat I., Mangwende E., Avrillon M., Beduneau H., Lebourg D., Chamaille A., Grimault V. 2015. Tools for alternative seed treatment evaluation, IPPC 2015 (International Plant Protection Congress) 24-28 août 2015, Berlin, Allemagne.

■ Orgeur G., Serandat I., Perrot S., Grimault V. 2015. Développement d'outils pour l'évaluation de l'efficacité des nouvelles méthodes de traitements.- AFPP, Lille 11-13 Mars 2015.

■ Perrot S. 2015. European harmonization of evaluation of resistance

of lettuce to *Bremia Lactucae*. Eucarpia Leafy Vegetables 2015 14-17 avril 2015, Murcia, Espagne.

■ Retailleau JM, 2015. Progrès génétique en pois. Poster, Les culturales, 24 et 25 juin, Villers St Christophe

■ Serandat I. 2015. Pourquoi une analyse sanitaire des semences ? Les Terrénales, 28 et 29 Mai 2015, St Maturin sur Loire.

■ Vadaine R. 2015. L'imagerie multispectrale pour l'analyse de la qualité des semences. Conférence « Nouvelles technologies de phénotypage et de Biologie Moléculaire : pour qui et pour quoi faire? » SIVAL –Angers 15 janvier 2015

■ Wagner M.-H., Ducournau S. 2015. Méthodes mises en œuvre au laboratoire pour évaluer une biostimulation sur la germination des semences et la croissance des plantules. Journée Végépolys, Angers, 4 novembre 2015.

■ Wagner M.-H., Tribouillois H., Leclercq D., Justes E., Duval R., Dutheil J., Dürr C., Demilly D., Ducournau S. 2015. Germination automated phenotyping can help to select species or adapted cultivars for catch crop. ISTA Annual Meeting, Montevideo, Uruguay, 15-18 June 2015.

■ Wagner M.H., Vialles N., Buitink J., Leprince O., Ducournau S. 2015. Characterization of LEA proteins as potential markers for the prediction of seed longevity. ISSS Seed Longevity Workshop, Wernigerode, Germany, July 5-8, 2015.

Mémoires de thèse et HDR

■ Benoit L. 2015. Thèse de doctorat de l'Université d'Angers. Imagerie multimodalité appliquée au phénotypage haut-débit des semences et plantules.

Mémoires de stages

■ Coux, M., 2015 Master 2 Biostatistique de l'Université des Sciences de Montpellier Projet Amédiluze : la Luzerne - Etude statistique du caractère "Couleurs de fleurs" et des résistances à trois maladies. Crignon, R. 2015. ingénieur de l'Institut LaSalle de Beauvais. Evaluation de la variabilité inter- et intra-spécifique et recherche d'indicateurs de la capacité des cultures intermédiaires à capter et à restituer l'azote du sol.

■ Vialle F., 2015. Master I Biologie et Technologie du Végétal, Université, Angers, Comparaison de méthodes pour les essais de faculté germinative sur semences de tournesol.

Une année riche en projets : 60 labellisations et soutiens dont une majorité avec la SFR QUASAV

En 2015, VEGEPOLYS a labellisé ou soutenu 60 projets partenariaux de R&D dont 38 ayant pour partenaires des équipes de la SFR QUASAV. Parmi tous ces projets, 22 sont financés dont 1 FUI (PUMAgri), 2 projets financé par les investissements d'Avenir 212A gérés par France Agrimer (FUL faisabilité, Cutine), 5 ANR (REGULEG, ReVeRIES, Rose-Monde, STAYPINK et ESTIM), 3 CASDAR (CALISO, CaroQual, Développement et transfert d'un outil d'aide à la décision appliqué à la maturation des baies de raisins rouge et blanc), 10 RFI (DynaSeedBiome, CondOR, NpFun, Metabocar, Restox, Pomme d'épi, PHENOSCREEN, ACCLIMHOT).

Quelques exemples de projets :

FUL Faisabilité : vers un outil de production indoor ultra-technologique

FUL Faisabilité vise à valider la faisabilité technico-économique du concept FUL: un système de production végétale hydroponique verticale indoor combinant les technologies optimisées autour du convoyage mobile vertical robotisé, de la gestion des fluides 3D, de la nutrition végétale, du climat, de la lumière LED pour produire à haute productivité et en mode programmé, des plantes de qualité selon une ingénierie éco-responsable. Il a obtenu un financement à l'AAP des Investissements d'Avenir gérés par France Agrimer. Ce projet rassemble la SAS FUL, Vilmorin, ITF, Richel, Roullier, Elcom. L'équipe INEM de l'IRHS participera aux travaux.



PUMAgri : un FUI vers un robot multi-tâches pour les productions végétales

La PME ligérienne SITIA, spécialiste de robotique, porte le projet FUI PUMAgri qui vise à réaliser un robot mobile offroad, modulaire, multi-outils, multi-cultures, en vue d'augmenter la compétitivité des exploitations notamment dans les cultures de végétaux spécialisés. Autour de SITIA, sont rassemblés : une autre PME ligérienne, Visionerf, la coopérative Terrena, Effidence, l'IRSTEA, le LARIS de l'université d'Angers et la Chambre d'Agriculture de Bretagne. Ce projet d'un budget de 3,5M€ sur une durée de 3 ans a été accepté au FUI et bénéficiera d'un financement de 1,5M€ pour une part attribué par le Conseil Régional des Pays de la Loire.

VEGEPOLYS investit le domaine de l'agriculture urbaine

En 2015, VEGEPOLYS a mis en place un programme d'actions dans le domaine en plein essor de l'agriculture urbaine. En effet, la production de fruits et légumes en ville répond à une demande des citoyens de plus de naturalité et d'un approvisionnement de proximité. L'agriculture urbaine est plurielle : depuis des initiatives d'habitants dans des jardins associatifs hors des circuits commerciaux jusqu'aux fermes urbaines au mode de culture ultra-maîtrisés. VEGEPOLYS accompagne le développement de projets innovants qui ont souvent des modèles économiques originaux. Le pôle souhaite aussi promouvoir cette nouvelle opportunité pour les fournisseurs de la production agricole.



3 appels Agriculture urbaine et un annuaire en ligne des compétences/produits/services :

L'Assemblée Générale 2015 de VEGEPOLYS a été l'occasion de lancer trois appels sur l'agriculture urbaine : l'un pour des idées innovantes (12 porteurs d'idées accompagnés), le deuxième pour recenser les produits, services et expertises utilisables en Agriculture Urbaine (36 contributions) et le troisième pour des thématiques d'innovation (12 contributions). Les 36 « produits / services / expertise » ont été identifiés et mis en valeur dans un annuaire mis en ligne sur le site de VEGEPOLYS (<http://www.vegepolys.eu/les-projets-innovants/les-axes-d-innovation/vegetal-urbain/catalogue-des-competences-en-agriculture-urbaine/>). Cet annuaire est encore ouvert pour de nouvelles contributions des structures publiques et privées.

VEGEPOLYS partenaire d'URBAN GREEN TRAIN, un projet européen pour des formations adaptées à l'agriculture urbaine :

VEGEPOLYS participe à un projet ERASMUS+ de 3 ans rassemblant des partenaires d'Italie, des Pays Bas, d'Allemagne et de France (avec Agrocampus Ouest Angers). Son objectif est de recenser les besoins des acteurs de l'agriculture urbaine dans ces 4 pays et ensuite de proposer des modules de formation adaptés accessibles en formation continue ou comme module de Master. VEGEPOLYS a enquêté des entreprises françaises appartenant aux différentes typologies d'agriculture urbaine et contribuera à des modules sur les processus d'innovation.



VEGECONSO, un Living lab à la disposition des acteurs du végétal

Grace à un réseau de partenaires dont le GRAPPE (de l'ESA) et l'IRHS (Inra - Agrocampus Ouest - Université d'Angers), VEGEPOLYS a structuré un living lab, VEGECONSO. C'est un espace de co-création entre consommateurs, entreprises et chercheurs. Il permet d'impliquer les utilisateurs dès le début des phases de conception puis de les questionner à différents stades (idée, concept, prototype). Les consommateurs sont alors les acteurs clés du processus d'innovation, ce qui sécurise ainsi la mise sur le marché des nouveaux produits et services. Le living lab s'appuie sur une communauté de chercheurs de disciplines complémentaires comme l'analyse sensorielle, l'anthropologie, l'économie, la physique des matériaux, les technologies digitales... Ensemble, ils contribuent à alimenter les connaissances sur les comportements et les préférences des consommateurs à travers des colloques ou des projets collaboratifs.

The logo for VégéConso features the word 'Végé' in a green, sans-serif font and 'Conso' in a brown, serif font. A thin green horizontal line is positioned below the text.

VEGEPOLYS accompagne ses membres vers les projets européens

VEGEPOLYS a renforcé son action pour favoriser l'insertion dans des projets européens de ses membres, entreprises (de la PME au grand groupe) et laboratoires de recherche. L'équipe diffuse des informations ciblées en fonction des besoins exprimés. Elle réalise des diagnostics d'entreprises pour mieux cerner leur potentiel européen et les aider à identifier des dispositifs et appels à projets appropriés. VEGEPOLYS réalise des mises en réseau à l'échelle nationale et européenne en utilisant ses réseaux européens : le Plant Inter Cluster Network et Natureef (better natural resource efficiency sélectionné par l'Europe en 2013). En juin 2015, VEGEPOLYS a organisé le PIC meeting à Angers qui a rassemblé plus de 80 participants dont une cinquantaine d'entreprises pour des ateliers d'émergence et des RDV one to one. En 2015, 3 PME membres de VEGEPOLYS ont déjà pu être insérées dans des projets européens. VEGEPOLYS s'appuie sur son partenaire expert, le Service Europe & recherche du PRES l'UNAM et bénéficie du support de la Direction Générale des Entreprises du Ministère de l'Industrie.



Objectif Végétal est porté par l'Université d'Angers et réunit AGROCAMPUS OUEST, l'ESA, l'INRA, l'Université de Nantes et le pôle de compétitivité VEGEPO-LYS. Le programme (2014-2019) est soutenu financièrement par la Région des Pays de la Loire, Angers Loire Métropole et par le FEDER (Fonds Européen de Développement Régional).



Depuis le lancement, en février 2014, le RFI Objectif Végétal s'est organisé et structuré pour contribuer à l'ambition collective : faire du pôle ligérien un centre européen de référence sur le végétal spécialisé à l'horizon 2020.

La stratégie commune définie par les acteurs de la Recherche, de la Formation et de l'Innovation, s'appuyant sur les structures déjà en place, détermine des objectifs à 5 ans :

- renforcer l'excellence académique et développer la visibilité des forces de recherche sur le végétal en Pays de la Loire ;
- accroître l'attractivité du pôle de formation et ses liens avec les entreprises ;
- renforcer la valorisation économique des résultats de la recherche ainsi que les collaborations avec les entreprises ;
- développer des partenariats internationaux.

La feuille de route définit la marche à suivre, les moyens et les actions à mettre en œuvre, chacun des acteurs (établissements d'enseignement supérieur, organismes de recherche, collectivités territoriales, pôle de compétitivité et les entreprises et centres de transfert et d'expertise qu'il regroupe) s'engageant sur son domaine de compétences.

Les principaux faits marquants 2015

Recrutement de l'équipe support

Constituée de 4 personnes : Nadine DUESO (directrice opérationnelle), Natallia CORDIER (assistante administrative depuis mars 2016), Eric FRAPPIER (responsable du volet Formation) et Tanegmart REDJALA (chargée de détection et d'affaires).

Volet RECHERCHE

- 8 projets de recherche soutenus en 2015 dans le cadre du 2^{ème} appel à projets interne pour un montant de 781 000 € (tous financeurs confondus), s'ajoutant aux 8 projets soutenus en 2014 pour un montant de 640 000 €.

Projets sélectionnés en 2015 :

■ **Pomme d'Epi** : Involvement of epigenetics in apple defense priming by elicitors – IRHS/ResPom
Type : thèse - Axe SFR : 1 - Durée : 36 mois

■ **PHENOSCREEN** : Phenotyping the impact on plant tissues of type 3 effectors (T3Es) using hyperspectral and chlorophyll fluorescence imaging – IRHS/EmerSys et LARIS
Type : thèse - Axe SFR : 3 - Durée : 36 mois

■ **Restox** : Resistance and pathogenicity : how toxins are involved in the carrot *Alternaria dauci* interaction – IRHS/Quarveg & FungiSem
Type : thèse - Axe SFR : 1 - Durée : 36 mois

■ **AcclimHot** : Integrative analysis of acquired thermotolerance in *Arabidopsis* seedlings – IRHS/MitoStress
Type : thèse - Axe SFR : 2 - Durée : 36 mois

■ **Metabocar** : Characterization of the metabolic response of carrot to *Alternaria dauci* infection – IRHS/Quarveg
Type : thèse - Axe SFR : 1 - Durée : 36 mois

■ **DynaSeedBiome** : Dynamics of the seed microbiome during germination and emergence – IRHS/EmerSys
Type : Post-doc - Axe SFR : 2 - Durée : 24 mois

■ **NpFun** : Involvement of the nitrate transporter AtNPF6,3 in the plant resistance to biotic stress via the pathosystem *Arabidopsis thaliana/Alternaria brassicicola* – IRHS/ALSA
Type : starter - Axe SFR : 1,2 - Durée : 24 mois

■ **CondOr** : Role of epigenetic mechanisms in acquisition of strigolactone sensitivity in *P. ramosa* seeds – LBPV
Type : starter - Axe SFR : 1,2 - Durée : 18 mois

Projets sélectionnés en 2014 :

■ **FUNHY** : Réponses fongiques d'adaptation aux stress hydriques – IRHS/FungiSem
Type : starter - Axe SFR : 2 - Durée : 24 mois

■ **RCRS** : Modulation du débourrement du rosier buisson par la lumière : intégration à l'échelle de la plante entière d'un signal hétérogène sur son architecture – IRHS/Arch-E
Type : thèse - Axe SFR : 3 - Durée : 36 mois

■ **SCALD** : Déterminisme de l'échaudure superficielle chez la pomme – IRHS/FruitQual et BIA/Elips
Type : starter - Axe SFR : 3 - Durée : 36 mois

■ **Regulong** : Régulation de la longévité des graines – IRHS/ConserTo
Type : post-doc - Axe SFR : 2 - Durée : 36 mois

■ **FUNMAGAZINE** : FUNgus Mapping of Agres-siveness and Analysis of genomic Zones INvolvEd – IRHS/Ecofun en collaboration avec IRHS/Respom, Fungisem et Bioinfo
Type : starter - Axe SFR : 1 - Durée : 36 mois

■ **SAP-ALIEN** : S'armer pour se protéger d'un alien (*Xylella fastidiosa*) qui menace les productions végétales spécialisées ligériennes – IRHS/EmerSys
Type : post-doc - Axe SFR : 1 - Durée : 24 mois

RUBRIQUE LIBRE RFI OBJECTIF VÉGÉTAL

- 2 post-doctorants internationaux recrutés en partenariat avec les Universités de Hanovre (DE) et de Wageningen (NL).
- 8 recrutements pour renforcer les effectifs recherche sur le périmètre de la SFR Quasav avec un développement des compétences sur la bioinformatique, le chémotypage et l'épigénomique.
- des démarches engagées pour l'intégration de la plate-forme PHENOTIC dans le réseau européen EPPN2020 (European Plant Phenotyping Platforms) pour la composante «interactions hôtes-pathogènes».
- le montage d'un projet ConnectTalent sur le phénotypage haut débit.

Volet FORMATION

- Mise en place de la commission pilotant le volet formation du programme.
- 15 étudiants, dont 10 étrangers, ont participé à la 1^{ère} Summer school Plant Science du 29 juin au 10 juillet 2015 à Angers.



Volet INNOVATION

- Mise en place, au sein de la SFR, d'un Réseau des Référents Valorisation
- Lancement du projet ANR LabCom ESTIM (2015-2018), laboratoire commun à l'IRHS et à la station d'expérimentation et de R&D AREXHOR Pays de la Loire, qui contribue à accroître la visibilité du site angevin sur les Stimulateurs de Défense des Plantes et les biostimulants.
- 80 participants à la journée d'échanges Entreprises – Recherche, le 8 décembre 2015 à l'Université d'Angers. L'évènement a été co-organisé par l'équipe support d'Objectif Végétal et le pôle de compétitivité Végépolys.
- Lancement de La boîte à innovations d'ObjectifVégétal, lettre thématique qui met en relief les résultats marquants de la recherche, les projets en cours, les compétences mobilisées ainsi que les opportunités de collaboration avec le privé. Le 1^{er} numéro porte sur les SDP (stimulateurs de défense des plantes) et les inhibiteurs de la réponse adaptative des bio-agresseurs. Il est téléchargeable sur : <http://www.objectifvegetal.univ-angers.fr/fr/les-activites/l-innovation/la-boite-a-innovations.html>



Communication et Culture Scientifique et Technique

- Le RFI ObjectifVégétal a été présenté à l'occasion de l'inauguration de la Maison de la Recherche du Campus du Végétal le 9 septembre 2015.
- 130 participants à la conférence grand public du 9 septembre 2015 autour de deux sujets phares du site angevin : l'épigénétique et le phénotypage.



- Une forte mobilisation des chercheurs pour le Village des Sciences dédié au végétal à Terra Botanica les 3 et 4 octobre 2015. L'évènement a accueilli 3000 visiteurs (organisation : Terre des Sciences).



Le plateau ANAN (ANALyses des Acides Nucléiques) de la SFR Quasav

Focus sur le Robot Zéphyr

Le plateau ANAN dispose d'un Robot Zéphyr (Caliper) à tête 96 qui permet d'augmenter la précision des pipetages et de gagner en fiabilité et en rapidité. Plusieurs programmes sont actuellement proposés et ont été utilisés par différentes équipes :

- La normalisation d'échantillons d'acides nucléiques (équipes Respom et GDO de l'UMR IRHS)
- Le réarrangement de plaques 96 puits (équipes Respom et GDO de l'UMR IRHS)
- L'extraction d'ADN en plaque 96 puits, avec purification sur colonne, avec le kit Macherey Nagel NucleoSpinPlant2 (équipe GDO de l'UMR IRHS)
- Des essais sont en cours de validation pour réaliser des extractions d'ADN en plaque 96 puits avec purification sur billes aimantées, avec le kit QuickPick™ SML Plant DNA (BN) (équipe Emersys de l'UMR IRHS)
- Le précoûtage de primers PCR en plaque 96 en série : 150 plaques sont réalisées en 2h. (Equipe Respom de l'UMR IRHS)



Plusieurs programmes permettent de réaliser des plaques de qPCR 384 (disponible sur le plateau ANAN):

- La compression de 4 plaques 96 puits en 1 plaque 384 puits, permettant de réaliser un seul run de qPCR et de diviser le temps d'analyse par quatre (Végépolys)
- La distribution des mix PCR et des échantillons directement sur plaque 384 (plus de 60 plaques 384 ont été réalisées par l'équipe QuaRVeg de l'UMR IRHS).
- Des essais sont en cours pour effectuer le précoûtage de primers en série sur plaque 384 (Equipe Respom de l'UMR IRHS)

Les programmes sont écrits « à la demande » selon les besoins des utilisateurs et selon le design de plaque souhaité.

Personnes référentes : Muriel Bahut et Annie Chastellier.

RNAseq

Le projet TranscriptNoeuds (AO 2014 SFR Quasav) supporté par l'équipe ArchE consiste à mettre au point la technique de RNAseq sur le séquenceur Miseq du PTM ANAN en répondant à une question biologique :

Analyse du transcriptome des noeuds de rosier en lien avec la capacité de débournement des bourgeons. Ce projet fédère les équipes ArchE et Bio-info de l'UMR IRHS ainsi que le PTM ANAN.

Hormis l'aspect technique (préparation des librairies et run) ce projet doit permettre de préciser la profondeur de séquençage d'un run de Miseq sur le transcriptome d'une espèce de Rosaceae et la couverture de lecture au regard du nombre de gènes connus chez cette espèce. Les essais de RNAseq ont été effectués sur deux échantillons : un échantillon témoin non traité et un échantillon soumis à un traitement azoté, modifiant le nombre des débournements.

Trois runs sont prévus : un run pour chacune des deux conditions et un run de multiplexage des deux échantillons pour comparer la profondeur de séquençage obtenue en multiplexage, essentiellement sur les ARNm faiblement exprimés. Le kit de préparation des librairies choisi est le kit SureSelect de Agilent. Le kit Agilent a été validé sur rosier (run avec 38M de reads de 150pb, soit 2,9G de données) et également sur poirier (16M de reads de 250pb paired-end, soit 4,7G de données) par l'équipe Respom de l'UMR IRHS.

D'autres projets de RNAseq, notamment de miRNA sont en cours sur le plateau ANAN.

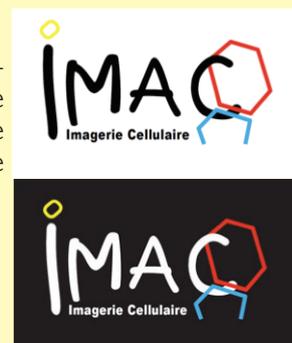
Le plateau IMAC (IMAgérie Cellulaire) de la SFR Quasav

Depuis 2009, date officielle de la création du plateau, l'IMAC s'est enrichi en matériels mutualisés lourds (Microscope Electronique à Balayage, Microscope à balayage confocal...). Le matériel présent sur le plateau permet de réaliser des observations tissulaires (histologiques) mais aussi cellulaires (cytologiques). Les compétences et les outils développés permettent d'apporter appuis et soutiens aux projets développés par les équipes appartenant à la SFR 4207 QUASAV à laquelle le plateau IMAC est rattaché.

En 2015 le plateau a été impliqué dans 33 projets dont 8 thèses. Comme chaque année, le plateau IMAC a été impliqué dans des projets publics externes à la SFR et a été sollicité par quelques grandes entreprises privées (Blechim, Nestlé, Delbard). Ces travaux ont été valorisés sous formes de publications scientifiques (21) ou de communications orales auxquelles le plateau a été associé.

2015 : création d'une identité visuelle forte pour le plateau

Un travail a été réalisé en collaboration avec le service communication du centre Inra Angers-Nantes pour rajeunir le logo de l'IMAC et obtenir une identité visuelle forte. L'objectif était de trouver un logo faisant consensus auprès des utilisateurs et reprenant des codes de l'imagerie cellulaire. Les représentants des utilisateurs ont arrêté leur choix sur une déclinaison blanche et noire offrant meilleur rendu visuel sur les documents écrits ou les présentations. Afin de rappeler le cœur d'activité du plateau IMAC, des cellules de vaisseaux conducteur ont été figurés (bleu et rouge) suivant la nomenclature internationale.



De nouveaux locaux

Une année de mouvement pour le plateau IMAC, qui a eu la chance d'emménager, en septembre 2015, dans le nouveau bâtiment, la Maison de la Recherche, du Campus du Végétal. Un petit bond de 50 mètres, mais un chantier à l'échelle de notre structure. Malgré le volume de matériel déplacé, mais surtout la fragilité et spécificité des équipements, le déménagement a été géré en 15 jours, avec une suspension partielle de l'accès au plateau sur ce laps de temps. Le matériel d'observation n'a été inaccessible qu'une semaine (période qui a servi au déplacement et à la maintenance). Cette gestion a permis de maintenir l'activité et de ne pas pénaliser les utilisateurs. Le point d'orgue de notre emménagement fut la semaine suivante, l'inauguration et les premières visites officielles.



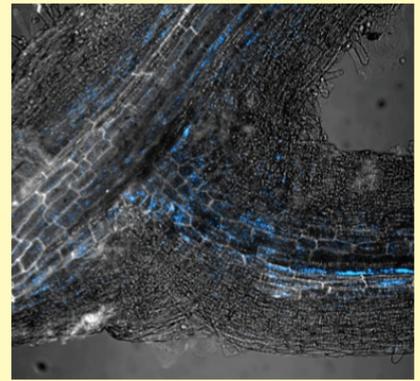
L'emménagement dans ces nouveaux locaux a permis d'occuper un espace de travail en adéquation avec le matériel présent sur le plateau. A la conception du bâtiment, il a été décidé de dédier des pièces spécifiques aux différentes utilisations, avec : un laboratoire central (préparation), une pièce dédiée à la réalisation de coupes (microtomie, vibratomie, cryotomie), un espace dédié à la microscopie standard (microscopes et binoculaire), un laboratoire qui sera destiné à l'Hybridation in situ (HIS) mais aussi au microscope à balayage de paillasse (mini MEB) et enfin une pièce dédiée à la microscopie spécifique (pour l'instant au microscope confocal). L'environnement de chaque poste de travail a été pensé pour un fonctionnement performant.

Métrie

Un bilan positif, du matériel performant. Durant le premier trimestre 2015, le plateau IMAC a accueilli un stagiaire de niveau L3 de l'Institut Supérieur de la Santé et des Bioproduits (ISSBA). Ce stage a permis de développer avec succès des protocoles de métrologie des systèmes optiques, utilisables en routine. Il a également permis de faire un état des lieux objectifs du matériel présent sur le plateau IMAC, confirmant ainsi la qualité des outils optiques mis à disposition des utilisateurs. Ce travail a aussi mis en évidence, le vieillissement d'équipement comme le microscope à champ large Olympus BH2 (39 ans de bons et loyaux services !). Cette action a permis de prioriser, lors de réunions avec les utilisateurs, les propositions d'investissement sur l'IMAC pour les années à venir.

Amélioration du microscope confocal : le GUS c'est possible !

Dans la prolongation du projet CellImage (appel à projet SFR 2013), pour permettre de localiser l'expression de gènes rapporteurs Gus tout en bénéficiant des avantages et de la qualité du microscope confocal, le microscope a été équipé d'une configuration optique permettant de détecter l'activité optique des cristaux Gus sous illumination laser. La détection est rendue possible par l'ajout dans le trajet optique, d'un filtre à émission en position réémission. Cette configuration chimérique (configuration disponible en un seul clic) offre de nouvelles perspectives et constitue une alternative à l'utilisation des constructions codantes pour des protéines fluorescentes (GFP, Mchery).



Focus sur le Microscope Électronique à Balayage de paille dit « miniMEB ».

Le miniMEB ou encore MEB environnemental, a permis cette année de conduire un travail original dans le cadre du projet « Diapocar » ; projet mené par l'équipe Fungisem en collaboration avec la SNES, la FNAMS et des entreprises semencières.

Initialement, nous cherchions à réaliser quelques illustrations photographiques de *Diaporthe angelicae* sur des ombelles de carottes, issues de cultures de plein champ en utilisant le module de congélation permettant l'observation de tissus frais sur le MEB (dont l'IMAC a été le premier laboratoire européen à en disposer). Le miniMEB a permis en quelques minutes, de réaliser des prises de vue de ce matériel topologiquement complexe et fragile. A l'issue des premières observations d'ombelles présentant des structures fongiques de différentes espèces de champignons, il a été décidé de travailler sur du matériel désinfecté puis inoculé de façon artificielle. Des observations réalisées suivant une cinétique de prélèvement a permis de caractériser en seulement deux séances de 3h, des étapes clés du cycle de développement du champignon *D. angelicae*.

Le miniMEB offre une grande souplesse et rapidité d'utilisation.

Une fiche projet dématérialisé

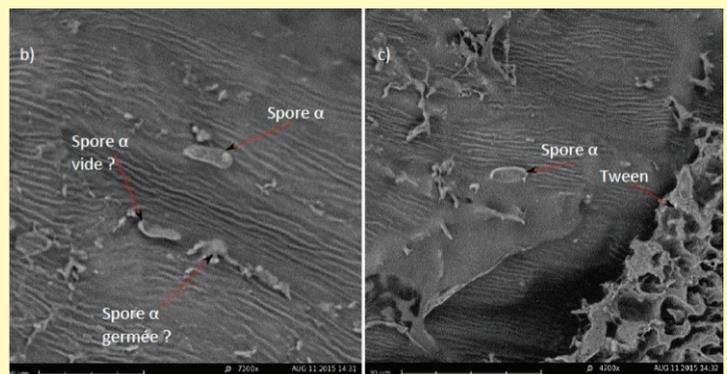
Pour faciliter les dépôts de projet, nous avons créé en 2015, une fiche projet dématérialisé. Ce document va servir lors de dépôts de vos projets, de support de communication entre le responsable du plateau et les acteurs du projet. Vous pourrez retrouver très prochainement cette fiche, sur le site de la SFR dans la rubrique plateau IMAC.

Conférence internationale

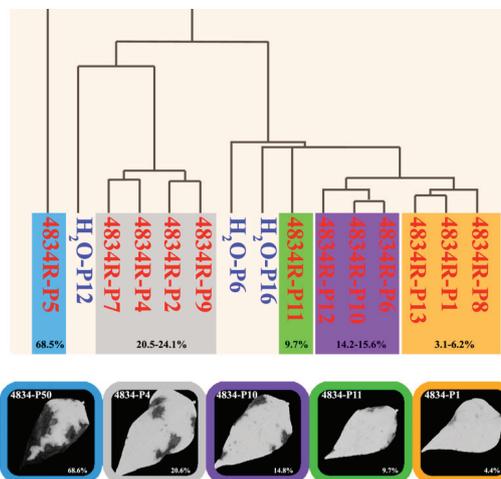
En 2015, l'IMAC a été affiché lors d'une conférence spécialisée en microscopie, de niveau national (Mifobio, conférence internationale), lors des 6^{ème} journée du réseau de microscopie de l'Inra : Imager le vivant : du dialogue moléculaire au champ. Cette rencontre s'est déroulée à Toulouse et a réuni les acteurs majeurs en microscopie gravitant autour de la tutelle de l'Inra. Ces journées sont l'occasion d'échanger sur des travaux remarquables réalisés sur les plateaux et plateformes intégrés au réseau, mais aussi de discuter de l'avenir scientifique et technique de nos structures. Elle sont aussi l'occasion de tisser des liens étroits avec les acteurs locaux et nationaux travaillant en imagerie.

Fête de la Science

Le plateau IMAC était également présent à la Fête de la Science par l'intermédiaire de l'équipe QualiPom de l'UMR IRHS, qui présentait un test simple et rapide, mis au point sur le plateau IMAC, permettant de tester les cohésions cellulaires des cellules de la pomme et ainsi de juger le caractère farineux d'une pomme. Cette approche avait nécessité l'emploi du Microscope Electronique à Balayage pour valider la mise au point.



Développement du site www.phenoplant.org



© C. Rousseau et T. Boureau, SFR Quasav

Exemple de résultats d'approche de clustering sur un jeu d'images de folioles de haricots inoculés avec la souche CFBP 4834 de *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans*. Les images sont regroupées en fonction de l'intensité des symptômes.

Objectif

Ce site vise à faciliter le traitement des images acquises par imagerie de fluorescence de chlorophylle sur la plateforme PHENOTIC. Les utilisateurs peuvent charger leurs images et lancer les scripts d'analyse d'images développés sur la plateforme.

Contexte

L'analyse d'image est utilisée de manière croissante en phénotypage des plantes. Parmi les différentes techniques d'imagerie utilisables pour le phénotypage des plantes, l'imagerie de fluorescence de chlorophylle permet d'imager l'impact de stress biotiques et abiotiques sur feuille. De nombreux paramètres de fluorescence peuvent être mesurés ou calculés, mais seuls quelques-uns offrent un contraste utilisable dans une condition donnée. Dans la perspective d'un phénotypage haut débit, nous avons développé des procédures automatiques qui permettent de sélectionner les paramètres d'intérêt et d'explorer de gros jeux d'images de feuilles soumises à un stress, puis de caractériser et de quantifier l'impact de ce stress sur les tissus foliaires.

Résultats

Après chargement des images de feuilles obtenues par imagerie de fluorescence de chlorophylle sur www.phenoplant.org, les procédures d'analyse permettent :

- la visualisation de l'ensemble des données : pour chaque paramètre de fluorescence de chlorophylle, une planche contact est créée pour fournir à l'utilisateur une vue d'ensemble des images.
- le calcul de statistiques élémentaires : radial-plot, box-plot et test de Mann-Whitney sont automatiquement effectués à partir de l'intensité globale de chaque paramètre de fluorescence de chlorophylle, pour identifier les paramètres présentant des différences significatives entre traitements.
- un regroupement effectué sans a priori à partir des histogrammes associés aux images, qui semble corrélé au statut sanitaire de la plante.

- la mesure de l'incidence de la maladie : le pourcentage de feuille présentant des symptômes est déterminé pour chaque condition de traitement. La quantification prend en compte des nécroses visibles, des zones chlorotiques et flétries, ainsi que des zones impactées ne présentant pas de symptôme visibles.

Perspectives

L'automatisation de l'analyse d'image sur le site www.phenoplant.org contribue à l'augmentation des débits de phénotypage sur la plateforme PHENOTIC, en permettant aux utilisateurs d'effectuer l'analyse de leurs images de manière indépendante de la prise d'image. Bien que prévus initialement pour l'analyse d'imagerie de fluorescence de chlorophylle, nous testerons la pertinence d'analyser d'autres modes d'imagerie (ex : imagerie hyperspectrale) à l'aide des outils implémentés sur le site.

A terme, la consolidation et le développement du site www.phenoplant.org pourrait permettre la constitution de banques de données d'images. Dans cette perspective, il serait intéressant de développer le site de manière à pouvoir aussi prendre en compte les métadonnées associées aux images analysées.

Partenaires

Ce travail est issu d'une collaboration étroite entre la plateforme PHENOTIC de la SFR QUASAV, l'équipe EmerSys de l'UMR IRHS (INRA - Agrocampus Ouest - Université d'Angers), les laboratoires HIFITH et LARIS de l'Université d'Angers, et le LBPV de l'Université de Nantes.

Bibliographie

■ Rousseau C., Hunault G., Gaillard S., Bourbeillon J., Montiel G., Simier P., Campion C., Jacques M.-A., Belin E., Boureau T. 2015. Phenoplant: a web resource for the exploration of large chlorophyll fluorescence image datasets. *Plant Methods*. 2015 11:24.

Contact

Tristan Boureau, UMR IRHS, 42, rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé Cedex.
Mél : tristan.boureau@univ-angers.fr.

La plateforme PHENOTIC semences et plantes de la SFR Quasav

Présentation de la plateforme en 2015

Depuis 2012, la plateforme d'instrumentation et d'imageries PHENOTIC Semences et Plantes rassemble des outils de phénotypage basés essentiellement sur l'acquisition et le traitement d'images, en imagerie conventionnelle/non conventionnelle, en haut débit et/ou haute précision des mesures et intégrant les compétences et les expertises des équipes de recherche STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication) et sciences du végétal. La Plateforme PHENOTIC est rattachée à la SFR 4207 QUASAV.

Matériel acquis en 2015

En 2015, le système d'imagerie ElonCam a été livré à la plateforme PHENOTIC, à destination de l'offre PHENOSEM. Ce système d'imagerie est dédié au suivi de la croissance hétérotrophe de plantules en conditions simulant l'obscurité par acquisition d'images numériques. L'acquisition de ces caractéristiques à haut débit en conditions contrôlées permet par exemple d'étudier la variabilité et le déterminisme génétique de variations de croissance au cours de ces stades, d'évaluer l'impact des conditions environnementales sur la croissance des jeunes plantules, de déterminer les valeurs de paramètres utilisés pour la modélisation et la simulation de la levée au-delà du seul processus de germination.

Cet outil automatisé d'acquisition de séries d'images permet de caractériser simultanément la croissance de 400 plantules dans une chambre de culture et en conditions inactiniques. Il est localisé dans les locaux de la SNES-GEVES.



Le système ElonCam installé en chambre de culture dans les locaux de la SNES-GEVE



6 plantules de *Medicago truncatula* imagées à l'aide du système ElonCam.

Projets impliquant la plateforme en 2015

Les projets impliquant l'offre PHENOSEM orientée sur le phénotypage des semences et plantules sont :

- AKER,
- LEVTO,
- CONVIGOUR,
- CAQ 40,
- Peamust,
- PATHARASEED,
- Fungisem

Les projets impliquant l'offre PHENOPLANT orientée sur les interactions plantes-pathogènes sont :

- CasDar PHIX-POT,
- Phenorob,
- Phenalter,
- Phenoscreen
- Prestations de service : IFFSTAR, ITB

Nouvelle thèse de doctorat en 2015

■ Valérian MELINE . Phenotyping the impact on plant tissues of type 3 effectors (T3Es) using hyperspectral and chlorophyll fluorescence imaging. Sous la direction de Tristan BOUREAU (IRHS, Université d'Angers). Co-encadrant : Etienne BELIN (LARIS, Université d'Angers)

Revues scientifiques à comité de lecture

- Benoit L., Belin E., Dürr C., Chapeau-Blondeau F., Demilly D., Ducournau S., Rousseau D. 2015. Computer vision under inactinic light for hypocotyl-radicle separation with a generic gravitropism-based criterion, *Computers and Electronics in Agriculture* 111, 12-17.
- Hatzig S.V., Frisch M., Breuer F., Nesi N., Ducournau S., Wagner M.H., Leckband G., Abbadi A., Snowdon R.J. 2015. Genome-wide association mapping unravels the genetic control of seed germination and vigor in *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Sciences*. 6:221.
- Rousseau C., Hunault G., Gaillard S., Bourbeillon J., Montiel G., Simier P., Campion C., Jacques M-A., Belin E., Boureau T. 2015. Phenoplant: A web resource for the exploration of large Chlorophyll Fluorescence Image datasets, *Plant Methods* 11 : 24.
- Rousseau D., Chéné Y., Belin E., Semmann G., Trigui G., Boudehri K., Francioni F., Chapeau-Blondeau F. 2015. Multiscale imaging of plants: current approaches and challenges, *Plant Methods* 11 : 6 .

Ouvrages et chapitres d'ouvrages

- Belin E., Rousseau D., Benoit L., Demilly D., Ducournau S., Chapeau-Blondeau F., Dürr C. 2015. Thermal imaging for evaluation of seedling growth, Chap. 8 in S. Dutta Gupta, Y. Ibaraki, eds., *Plant Image Analysis: Fundamentals and Application*, CRC PRESS.
- Chéné Y., Belin E., Chapeau-Blondeau F., Caffier V., Boureau T., Rousseau D. 2015. Anatomico-functional bimodality imaging for plant phenotyping: An insight through depth imaging coupled to thermal imaging, Chap. 9 in S. Dutta Gupta, Y. Ibaraki, eds., *Plant Image Analysis: Fundamentals and Application*, CRC PRESS.
- Rousseau D., Dee H., Pridmore T. 2015. Imaging Methods for Phenotyping of Plant Traits, Chap. 5 in J. Kumar Ed., Springer, *Phenomics in Crop Plants: Trends, Options and Limitations*, 61-74.

Communications colloques

- Belin E., Rousseau D., Rojas-Varela J., Chapeau-Blondeau F. 2015. Innovative signal processing and imagings for the characterization of fruit structure. Workshop of Fruit Structure, Angers, France, 30 Nov. - 1st Dec. 2015.
- Belin E., Rousseau D., Chapeau-Blondeau F. 2015. Modèle stochastique et représentation par graphe pour le suivi spatio-temporel de pathogènes à la surface de feuilles par imagerie. 25ème Colloque GRETSI sur le Traitement du Signal et des Images. Lyon, France, 8-11 sept. 2015.
- Belin E., Boureau T., Demilly D., Jacques M.-A. 2015. Traitement d'images pour le phénotypage à l'échelle de la semence et de la feuille. 8ème édition du Congrès Biotech du Grand Ouest (Gen2Bio), La Baule, France, 26 mars 2015.
- Belin E., Chapeau-Blondeau F., Rousseau D. 2015. A stochastic model and tree graph-based representation for the simulation of plant pathogen development at the leaf scale from image analysis; 4th International Workshop on Image Analysis Methods for the Plant Sciences (IAMPS), Louvain-La-Neuve, Belgium, 21-22 Sept. 2015.
- Boureau T. 2015. Quantification of symptoms on leaves using thermal imaging and measures of chlorophyll fluorescence. Limagrain Annual Meeting, Chappes, France, 29 Oct., 2015.
- Boureau T., Rousseau C., Belin E., Jacques M.-A.; 2015. PHENOPLANT, a feature of PHENOTIC: Phenotyping horticultural products and the interactions between host plants and pathogens; EPPN Plant Phenotyping Symposium, Barcelona, Spain, 11-12 Nov. 2015.
- Han S., Bujoreanu D., Cointault F., Rousseau D. 2015. Graph-based denoising of skeletonized root-systems; 4th International Workshop on Image Analysis Methods for the Plant Sciences (IAMPS), Louvain-La-Neuve, Belgium, 21-22 Sept. 2015.
- Rousseau D., Van de Zedde H.J. 2015. Counting leaves without "finger-counting" by supervised multiscale frequency analysis of depth images from top view; Computer Vision Problem for Plant Phenotyping Workshop in 26th British Machine Vision Conference, Swansea, United Kingdom, 10 Sept. 2015.

- Rousseau D., Belin E., Chapeau-Blondeau F. 2015. Image denoising techniques for computational imaging in plant sciences. 1st General Meeting COST FA1306: "The quest for tolerant varieties - Phenotyping at plant and cellular level, Leibniz, Germany, 22-24 June 2015.
- Rousseau D., Van De Zedde R., Belin E., Chapeau-Blondeau F. 2015. Cost-effective imaging in plant phenotyping from information-based approaches; EPPN Plant Phenotyping Symposium; Barcelona, Spain, 11-12 Nov. 2015.

Mémoires de thèse

- Benoit L. Thèse de doctorat Université d'Angers, Ecole Doctorale STIM. Imagerie multimodalité appliquée au phénotypage haut-débit des semences et des plantules.

Mémoires de stages

- Ahmad A. (Master 2 Photonique Signal Imagerie, Univ. Angers) ; RGB image processing to characterize rot on sugar beet roots cultivated in aeroponic system.
- Bujoreanu D. (M2 INSA Lyon, Univ. Lyon I), 3D analysis of microstructures of seeds by X ray microtomography.
- Laïfa S.O. (M2 Photonique Signal Imagerie, Univ. Angers) ; Imaging and instrumentation for imbibition monitoring in seeds.
- Raharivelo M. (M2 Montpellier SupAgro); Emergence d'une souche phytopathogène à partir d'une souche épiphyte de *Xanthomonas*.
- Humeau M. (M1 Biotechnologie du végétal, Univ. Angers) ; Etude de l'impact quantitatif des ET3 dans l'agressivité de souches de *Xanthomonas* sur plantes potagères.

Actions de culture scientifique et technique

- Boureau T., Jacques M.-A. 2015 Le phénotypage : comment caractériser rapidement un très grand nombre de paramètres étudiés sur les plantes (qualité des semences, développement et qualité de la plante, symptômes de maladies...)? Inauguration du Campus du Végétal, Angers, 9 sept. 2015.
- Benoit L., Rousseau D., Belin E., Demilly D., Vadaine R., Dürr C., Ducournau S., Chapeau-Blondeau F. 2015. ElonCam : instrumentation et analyse d'images pour le suivi automatisé individualisé du développement de semences et de plantules; Les Rencontres du Végétal, 8ème édition, Angers, France, 12-13 janvier 2015.

Comité éditorial : Marie-Noëlle Brisset, Elisabeth Chevreau, Marie-Agnès Jacques,
Marie-Pierre Louage, Nathalie Mansion, Tanegmart Redjala

Maquette : RFI ObjectifVégétal et INRA Centre Angers-Nantes

Impression : Service Reprographie Université d'Angers

Photos : INRA, Agrocampus Ouest, Université d'Angers, Université de Nantes,
Université de Rennes I, ESA, GEVES, ANSES, Végépolys, RFI ObjectifVégétal ;

couverture : Etienne Bucher