

FAITS MARQUANTS 2016

NOUVELLE
AQUITAINE
BORDEAUX



INRA
SCIENCE & IMPACT





Sommaire

p. 3 - Introduction

p. 5 - 70 ans de recherche et d'innovations

Produire des connaissances

- p. 9 | Pour les mycoplasmes, la meilleure défense c'est l'attaque
- p. 11 | La transplantation de génomes bactériens : mais où est la limite ?
- p. 13 | Les marqueurs génétiques au service de l'amélioration du pin maritime
- p. 15 | La génétique et la génomique pour répondre aux enjeux des forêts de demain
- p. 17 | Une nouvelle chaire pour étudier la génomique et l'écologie du pin maritime
- p. 19 | La phyllosphère : une jungle microbienne à l'interface plante-climat
- p. 21 | La crise climactérique du fruit décryptée par un modèle mathématique
- p. 23 | Un large jeu de données de phénologie pour étudier l'impact du changement climatique sur le cerisier doux
- p. 25 | Comparaison inter-spécifique des processus de concentration en sucres solubles des fruits charnus (tomate, pêche et raisin)
- p. 27 | Le mildiou de la vigne sous surveillance : s'adapte-t-il aux cépages résistants ?
- p. 29 | Un protocole sécurisé pour tester les sensibilités de Vitis à la Flavescence dorée
- p. 31 | ClimWine2016 : un point scientifique sur les enjeux du changement climatique pour la filière vigne et vin
- p. 33 | Les liens se resserrent entre consommation d'Oméga 3 et gestion du stress
- p. 35 | Des bactéries et des levures pour dégrader les mycotoxines dans les grains de maïs
- p. 37 | Les variétés de blé dur à paille courte pourraient accumuler plus de cadmium dans leurs grains que les variétés à paille longue
- p. 39 | Rôle de l'autophagie dans l'utilisation du glucose chez la truite

Co-construire l'innovation

- p. 43 | Lancement de la première chaire industrielle en agronomie pour lutter contre les maladies du bois de la vigne
- p. 45 | Les acteurs recherche-développement de la filière forêt-bois renouvellent leur partenariat pour concevoir le futur du pin maritime en Nouvelle-Aquitaine
- p. 47 | Forum Prospective : la filière vigne et vin dans le contexte du changement climatique

Sciences en société

- p. 51 | Di@no-View, l'appli smartphone qui sauve vos légumes !
- p. 53 | « Sciences et territoires de l'ignorance » avec le philosophe Mathias Girel
- p. 55 | L'Inra au salon européen de la sylviculture et de l'exploitation forestière, FOREXPO 2016
- p. 57 | L'Inra fête les sciences à Ciboure

Hommages & distinctions

- p. 61 | Hommage à M. Joseph-Marie Bové
- p. 62 | Barry Gardiner, Dr honoris causa de l'Université Laval
- p. 63 | Antoine Kremer investi Docteur honoris causa de l'Université polytechnique de Madrid
- p. 64 | Patrick Pastuszka, Laurier de l'Innovation technologique 2016
- p. 65 | Denis Thiéry est lauréat 2016 de la médaille d'Or de l'Académie d'Agriculture de France
- p. 66 | Lucile Capuron, lauréate de la Fondation pour la recherche médicale
- p. 67 | Du laboratoire à la gestion forestière, Alexis Ducousso est un sylviculteur qui innove
- p. 69 | L'Inra est lauréat du Challenge de la mobilité 2016 de Bordeaux Métropole



Directeur de la publication : Hubert de Rochambeau.
Coordination : Yaël Kouzmine
Rédaction : unités de recherche
et unités expérimentales Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux,
Yaël Kouzmine, Service presse Inra
Conception graphique : Alain Girard
Impression : BLF Impression
Photo de couverture : ©Inra (A. Girard)

Crédits photographiques : A. Girard, Y. Kouzmine, F. Labrousseau, F. Labbé, C. Vacher, Y. Gibon, S. Colombié, H. Christmann,
Z. Dai, E. Gomes, F. Delmotte, S. Eveillard, A.-S. Walker, P. Flanzy, L. Pinson-Gadais, A. Picot, J.-Y. Cornu, I. Seilliez, S. Glise, P. Lecomte,
D. Blancard, S. Chamont, J.-M. Armand, J. Gaudin, UMR BFP, Université Laval, L. Gil (UPM), C. Maitre, B. Nicolas, L. Capuron.

Introduction

2016 a été une année particulièrement riche pour notre Institut qui a célébré 70 ans de recherches conduites en région et à l'échelle nationale, pendant qu'étaient redéfinies nos grandes orientations stratégiques à l'horizon 2025. Cette dialectique qui nous a conduits à ré-interroger notre action passée tout en imaginant des futurs possibles, positionne aujourd'hui l'Inra au cœur des dynamiques régionales de recherche et d'innovation, à l'heure où se renforcent nos partenariats dans, et avec, les territoires.

Nos activités de recherche, au carrefour de l'environnement, de l'agriculture et de l'alimentation, sont au cœur de défis scientifiques majeurs (connaissance du vivant, impacts des changements climatiques), et cherchent à répondre à des questionnements sociétaux légitimes qui interpellent chaque citoyen. Notre stratégie nationale à l'horizon 2025 fixe un cap clair et ambitieux autour de 5 domaines scientifiques prioritaires sur lesquels nous sommes investis en région :

- assurer la sécurité alimentaire mondiale
- favoriser des agricultures diverses et multiperformantes
- penser les adaptations des systèmes agricoles et forestiers face au défi climatique
- garantir une alimentation saine et durable pour tou-te-s
- promouvoir des bioressources aux usages complémentaires

Sur ces différents axes, notre centre de recherche est mobilisé pour produire des connaissances scientifiques de pointe et générer des innovations porteuses de sens pour les filières et les territoires sur nos objets de prédilection : forêt-bois, vigne et vin, aquaculture, santé du cerveau et nutrition et les productions fruitières. De l'agronomie à l'écologie, de la biologie à

la génétique, notre dispositif de recherche et d'expérimentation rassemble aujourd'hui 1 000 chercheurs, ingénieurs et techniciens, dont 200 de nos partenaires, soit 15% des forces de la recherche publique en Nouvelle-Aquitaine.

À l'heure où le rôle, et la place, de la science en société est régulièrement interrogé, notre collectif, riche de sa diversité de compétences et de métiers, contribue à assurer une alimentation saine et de qualité produite par des agricultures compétitives et durables dans un environnement préservé.

2016 a été une année féconde pour notre centre tant au plan scientifique qu'institutionnel. Ce document vous invite à prendre le temps de découvrir une sélection de réalisations marquantes qui ont jalonné cette année. Il témoigne de l'engagement de chacun de nos agents au bénéfice d'une science éclairée et partagée en société.

Hubert de Rochambeau

Président du centre Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux
Délégué régional de l'Inra en région Nouvelle-Aquitaine

Découvrir le centre Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux
www.bordeaux-aquitaine.inra.fr | nous suivre sur Twitter : @Inra_BdxAqui

Chiffres-clés 2016

Les équipes

- 20 unités de recherche dont 9 unités mixtes et 5 unités expérimentales
- 519 agents titulaires, dont 46% de femmes et 285 hommes
- 174 agents contractuels, dont 57% de femmes
- 203 titulaires de nos partenaires présents dans les unités de notre centre

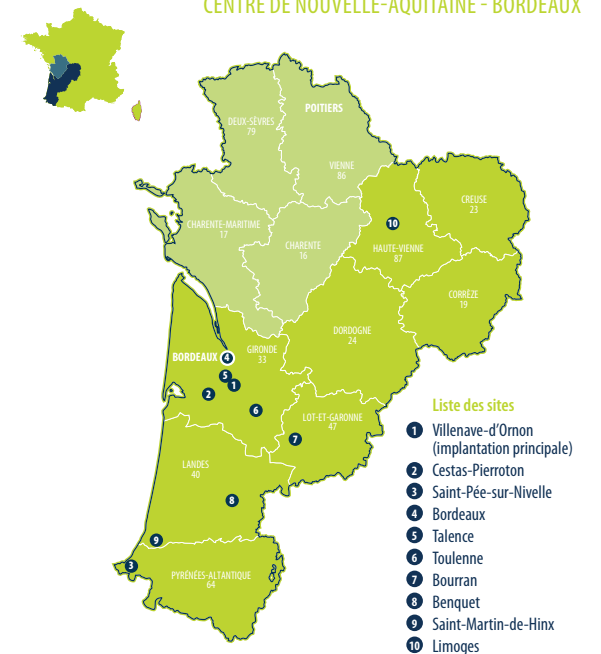
Les moyens

- 50,5 millions d'euros de budget, dont 11 millions en ressources propres
- 21 infrastructures : 4 plateformes, 3 plateaux techniques, 5 installations expérimentales, 5 dispositifs communs d'observation (SOERE ou ORE), 3 conservatoires de ressources génétiques (CRG), 1 collection Tilling tomate/pêcher/fraise.

Les résultats

- 230 conventions de partenariat en cours, dont 15 avec l'Europe
- 4 brevets et 9 licences
- 491 publications par an dans des revues à comité de lecture

CENTRE DE NOUVELLE-AQUITAINE - BORDEAUX





70 ans de recherche et d'innovations

L'année 2016 a été maillée d'actions visant à célébrer les 70 ans de notre Institut, bien que l'histoire de la recherche agronomique s'enracine bien en amont dans l'histoire régionale. En effet, l'histoire de l'Inra en Aquitaine invite à remonter le temps jusqu'au XVI^e siècle. L'existence très ancienne des domaines viticoles de La Grande Ferrade et de Château Couhins nous rappelle la forte identité de la viticulture et la place majeure du négoce du vin, dans une économie régionale déjà inscrite dans des flux marchands mondialisés. L'implantation coordonnée des stations de recherche à Bordeaux (Villenave d'Ornon), au début du XX^e siècle, traduit l'émergence de nouvelles problématiques agricoles, notamment viticoles et arboricoles, et du besoin de construire une expertise scientifique et technique pour y répondre.

L'organisation progressive de ces structures a conduit à la création du Centre de recherches agronomiques du Sud-Ouest (Craso) durant la première moitié du XX^e siècle. C'est sur ces fondements que naît l'Inra en Aquitaine en 1946, dans un contexte de crise alimentaire et d'un nécessaire renforcement des capacités productives de l'agriculture. Dès les années 1960 émergent nos recherches forestières et aquacoles qui confortent l'ancrage de l'institut au cœur des départements aquitains, et proposent de nouvelles perspectives scientifiques, notamment vers l'écologie. Les décennies 1980 et 1990 sont marquées par l'essor de nos recherches en biologie, qui ouvrent de nouvelles pistes de compréhension du vivant, et l'émergence des problématiques environnementales. Les préoccupations sociétales en matière d'alimentation, d'agriculture et d'environnement se sont intensifiées depuis les années 1990 et ont contribué à redessiner le périmètre de nos recherches.

Afin de témoigner de ces évolutions et imaginer des perspectives, un vaste travail collectif a été engagé pour aboutir sur des actions phares de célébration de notre 70^e anniversaire :

- L'édition d'un livret qui dresse une rétrospective historique précise et documentée de notre centre de recherche à lire sur : <http://www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/Presse-et-Ressources/Publications/L-Inra-fete-ses-70-ans-avec-vous-Livret-historique-Inra-Bordeaux-Aquitaine>
- La publication de nombreux articles retraçant les grands résultats scientifiques et techniques qui ont participé à construire notre histoire à lire sur : <http://www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/Presse-et-Ressources/70e-anniversaire-de-l-Inra>
- Et enfin, une grande conférence « L'Inra fête ses 70 ans avec vous » organisée le 29 novembre 2016. Ce temps d'échange dédié à nos personnels et à nos partenaires articula une conférence de notre grand invité M. Axel Kahn, et des échanges entre l'Inra et ses partenaires-clés en région Nouvelle-Aquitaine : MM. Alain Rousset, Président du Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine, Dominique Graciet, Président de la Chambre régionale d'agriculture Nouvelle-Aquitaine, Tanguy Massart, Directeur général branche Bois du groupe Gascogne, Daniel Segonds, Président du Pôle de compétitivité Agri Sud-Ouest Innovation, Allan Sichel, Président du Conseil Interprofessionnel du Vin de Bordeaux (CIVB) et Manuel Tunon de Lara, Président de l'université de Bordeaux.

+ d'infos : www.bordeaux-aquitaine.inra.fr





**PRODUIRE
DES CONNAISSANCES**





Pour les mycoplasmes, la meilleure défense c'est l'attaque

Les mycoplasmes sont des bactéries «minimales» pathogènes de l'homme et d'un grand nombre d'animaux d'élevage. En étudiant les mécanismes de l'infection par les mycoplasmes, les chercheurs ont mis en évidence un système original déployé par ces bactéries qui désactive les anticorps, une arme essentielle de l'arsenal immunitaire des animaux. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives dans la compréhension du comportement des mycoplasmes et la lutte contre les mycoplasmoses.

Les mycoplasmes génèrent des maladies (mycoplasmoses) qui affectent l'homme et un grand nombre d'animaux d'élevage. Difficiles à éradiquer chez les animaux, elles causent d'importantes pertes économiques dans une gamme diversifiée d'élevages (avicoles, bovins, ovins et porcins) partout dans le monde. Il est donc capital pour les filières d'élevage d'améliorer les méthodes de contrôle des mycoplasmoses notamment en développant de nouveaux vaccins et traitements plus efficaces. Ces progrès passent par une meilleure compréhension des mécanismes par lesquels les mycoplasmes causent ces maladies, et en particulier de la manière dont ils réagissent aux attaques des systèmes immunitaires des animaux qu'ils infectent. Classiquement, le premier rideau de l'immunité est basé sur les anticorps, de véritables «missiles biologiques» capables de cibler les cellules étrangères ayant envahi l'organisme. La plupart des bactéries pathogènes tentent d'échapper à ces armes en se cachant dans certains tissus ou cellules, ou en se barricadant dans des biofilms.

A contrario, les mycoplasmes semblent avoir adopté une stratégie plus offensive. Ils appliquent ainsi un des principes fondamentaux de la stratégie militaire, édicté par Carl von Clausewitz, qui veut que «la défense n'est pas seulement un bouclier mais une série de coups habilement portés». En effet, les chercheurs viennent de mettre en évidence un système original déployé par les mycoplasmes afin d'inactiver directement les anticorps. La découverte de ce système est issue de la comparaison méthodique de dizaines de génomes de mycoplasmes, qui a permis de mettre en lumière la présence de gènes atypiques conservés chez la plupart des espèces pathogènes des animaux. Les protéines codées par ces gènes ont ensuite été étudiées biochimiquement afin d'élucider leurs fonctions. Le mécanisme moléculaire que les chercheurs ont caractérisé repose sur la production de deux protéines partenaires. La première, nommée MIB (Mycoplasma Immunoglobulin Binding), est chargée de capturer les anticorps. La seconde, nommée MIP (Mycoplasma Immunoglobulin Protease), est un sécateur moléculaire dont le rôle est de cliver les anticorps afin de rendre inopérantes ces armes essentielles de l'immunité.

La découverte de cette stratégie permet d'envisager le développement de nouveaux traitements et vaccins visant spécifiquement à la mettre en échec, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans la lutte contre les maladies dues aux mycoplasmes.

Référence scientifique

Arfi Y., Minder L., Di Primo C., Le Roy A., Ebel C., Coquet L., Claverol S., Vashee S., Jores J., Blanchard A., Sirand-Pugnet P., (2016), MIB-MIP: a mycoplasma system to capture and cleave immunoglobulin G. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, doi:10.1073/pnas.1600546113.

Contacts

- Yonathan Arfi / Maître de conférences : 05 57 12 23 55 - yonathan.arfi@inra.fr
 - Pascal Sirand-Pugnet / Maître de conférences : 05 57 12 23 59 - pascal.sirand-pugnet@inra.fr
 - Alain Blanchard / Professeur : 05 57 12 23 93 - alain.blanchard@inra.fr
- Unité mixte de recherche Biologie du Fruit et Pathologie (UMR BFP / Inra - université de Bordeaux)



La transplantation de génomes bactériens : mais où est la limite ?

Des chercheurs de l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux développent des travaux novateurs en biologie de synthèse qui visent notamment à étendre le processus de transplantation de génomes bactériens à de nouvelles bactéries. Ces recherches permettent d'imaginer de nouvelles pistes dans la mise au point de vaccins innovants en médecine humaine et vétérinaire, mais aussi de découvrir de nouvelles molécules à haute valeur ajoutée (métabolites, nouveaux antibiotiques) en favorisant, par exemple, la mise en culture de bactéries encore non cultivées.

La biologie de synthèse, discipline scientifique émergente, combine les apports de la biologie et de l'ingénierie. En regroupant un ensemble de disciplines complémentaires, elle a déjà trouvé de nombreuses applications notamment dans les biotechnologies industrielles mais aussi dans le domaine de la santé et de l'agriculture. Pour cela, elle a favorisé le développement d'un ensemble de méthodologies et d'outils moléculaires dans le domaine de l'ingénierie génomique. Il est ainsi possible aujourd'hui de modifier l'information génétique de bactéries qui, jusque-là, résistaient à toute modification. Une des clés de ce succès repose sur l'utilisation de la levure, *Saccharomyces cerevisiae*, comme « atelier » pour la modification des génomes bactériens. Étudiée depuis des décennies en tant qu'organisme modèle, la levure possédait un arsenal d'outils génétiques déjà développés. En réussissant à cloner un chromosome bactérien entier à l'intérieur de cette levure, les chercheurs n'avaient plus qu'à optimiser les outils génétiques déjà existants chez la levure pour les adapter à la modification de l'ADN bactérien. Un ensemble de technologies d'ingénierie de l'ADN (TREC/TREC-IN, CRISPR-Cas9, etc.) a vu le jour et permet aujourd'hui de modifier les génomes bactériens quasiment à façon. En revanche, une problématique de taille devait encore être dépassée. En effet, le génome bactérien est quasiment inerte dans la levure, celle-ci étant incapable d'en décoder l'information génétique. Peu ou pas de gènes ne peuvent alors s'exprimer dans cet hôte temporaire. Une fois modifiés, ces génomes bactériens doivent donc être obligatoirement « transplantés » dans une nouvelle cellule bactérienne afin que les modifications apportées puissent être étudiées.

Ce processus a été mis au point avec des bactéries possédant les génomes les plus « petits » existants. Ces bactéries, de la classe des *Mollicutes*, comprennent néanmoins de nombreux agents pathogènes pour l'Homme, les animaux ou encore les plantes. Dans un premier temps, le génome entier de la bactérie donneuse est immobilisé dans un gel qui permet de le protéger des cassures mécaniques et de le conserver intact. L'ADN est par la suite mis en contact étroit avec une seconde bactérie dite receveuse. Le mécanisme exact permettant l'entrée du chromosome bactérien entier est encore inconnu mais la présence d'un agent fusogène, le poly-éthylène glycol, est nécessaire à la réaction. Une fois « transplanté », le gé-

nome « entrant » remplace le génome de la cellule receveuse et devient le nouveau système opérateur de la cellule receveuse qui peut alors exprimer ses gènes et ses protéines et changer d'identité.

Les chercheurs de l'Unité mixte de recherche Biologie du Fruit et Pathologie (UMR BFP Inra - université de Bordeaux) ont tenté d'étendre les méthodes de transplantation de génomes bactériens à des espèces bactériennes plus éloignées ayant un intérêt dans divers domaines : biotechnologie, agronomie ou santé. Ils ont évalué le degré de parenté nécessaire entre des génomes donneurs et la cellule receveuse au cours d'une transplantation de génomes entiers, et mis en évidence les facteurs génétiques essentiels à cette compatibilité. Leurs résultats montrent que plus le génome donneur est proche de celui de la cellule receveuse, plus l'efficacité de transplantation est élevée. Les chercheurs s'attachent maintenant à comprendre les différences entre les génomes de ces deux genres bactériens, notamment au niveau des fonctions essentielles de la cellule bactérienne (ex. : réplication, transcription) afin de comprendre ce qui permet ou empêche le processus de transplantation. Cette compréhension essentielle du mécanisme moléculaire est indispensable pour repousser encore cette limite de transplantation à d'autres espèces bactériennes encore plus éloignées phylogénétiquement.

Ce résultat est une avancée importante. La prolongation de ces travaux permettra d'obtenir de nouvelles paires « génome donneur/cellule receveuse », dont certaines pourraient avoir un intérêt majeur. Le transfert des méthodes de transplantation de génomes aux genres *Phytoplasma/Acholeplasma*, associée à une stratégie de complémentation génomique, pourrait permettre de rendre cultivables certaines bactéries encore non cultivées comme les phytoplasmes, bactéries phytopathogènes transmises par les insectes et responsables de plusieurs centaines de maladies majeures partout dans le monde.

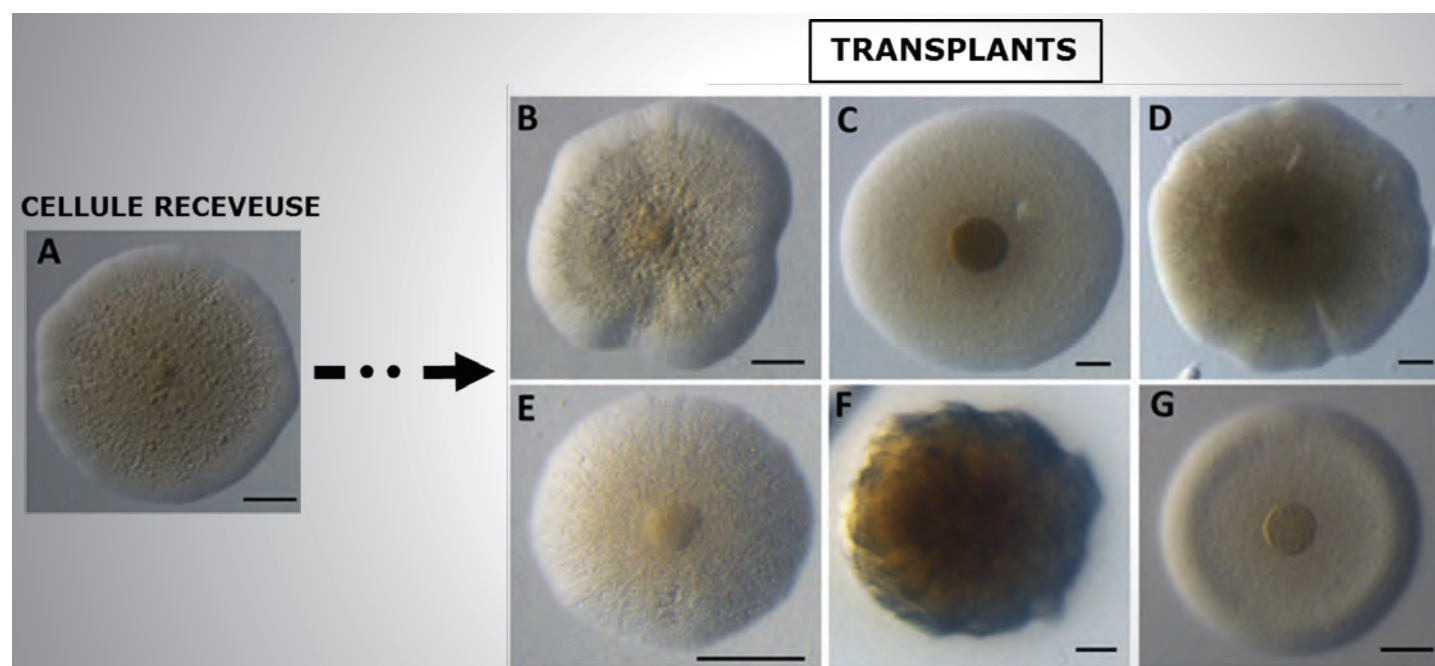
Par ailleurs, en permettant la mise en culture de nouveaux microorganismes non cultivés, ces travaux stimuleront la découverte et la production de nouvelles molécules à haute valeur ajoutée pour la biotechnologie, la médecine et à fort potentiel économique. Quand on sait qu'aujourd'hui 70% des antibiotiques existants sont produits à partir de seulement 1% des bactéries cultivables répertoriées, on comprend immédiatement les perspectives que pourraient offrir ces travaux.

Références scientifique

Labroussaa F., Lebaudy A., Baby V., Gourgues G., Matteau D., Vashee S., Sirand-Pugnet P., Rodrigue S., Lartigue C. (2016) « Impact of donor–recipient phylogenetic distance on bacterial genome transplantation », *Nucleic Acids Research*, doi: 10.1093/nar/gkw688

Contacts

• Carole Lartigue / Chargée de recherche : 05 57 12 23 59 - carole.lartigue-prat@inra.fr
• Fabien Labroussaa / Ingénieur de recherche : 05 57 12 23 55 - fabien.labroussaa@inra.fr
Unité mixte de recherche Biologie du Fruit et Pathologie (UMR BFP / Inra-université de Bordeaux).





Les marqueurs génétiques au service de l'amélioration du pin maritime

Le pin maritime est la première essence forestière de plantation en France : 44 millions de plants ont été vendus en 2014-2015, soit plus de 60% du marché national des plants forestiers. Ces derniers sont issus de vergers à graines créés dans le cadre du programme d'amélioration génétique piloté par le Groupement d'Intérêt Scientifique « Pin Maritime du Futur ». Les recherches menées au sein de l'Unité mixte de recherche BIOGECO (Inra-université de Bordeaux) ouvrent aujourd'hui de nouvelles perspectives pour ce programme d'amélioration génétique. Publiés en 2016, quatre articles majeurs synthétisant ces avancées montrent que les marqueurs moléculaires, séquences d'ADN présentant de la variabilité dans une population, pourraient être utilisés pour simplifier et accélérer les cycles de sélection et pour prédire les performances des arbres à partir de leur profil génétique.

L'amélioration génétique du pin maritime a débuté dans les années 1960 par la sélection en forêt d'arbres présentant un intérêt sylvicole particulier (croissance, rectitude du tronc, résistance aux pathogènes, etc.). Ces arbres « élite », qui ont été conservés par greffage dans des parcs à clones, constituent la population de base du programme d'amélioration génétique du pin maritime. Deux cycles successifs de croisement/sélection ont permis de réaliser des gains génétiques significatifs diffusés au sein de variétés (gains d'environ 30% pour la croissance et la rectitude du tronc). Chez le pin maritime, un cycle de sélection dure plus de 20 ans. Les arbres candidats à la sélection sont tout d'abord évalués à partir des performances de leurs descendants, puis les meilleurs candidats sont croisés entre eux afin de créer de la variabilité génétique pour la génération suivante. En parallèle, les meilleurs individus sont greffés pour établir des vergers à graines qui fourniront, au bout de 8 à 10 ans, les semences pour les futures plantations.

Le développement de méthodes de génotypage — qui vise à caractériser les variations d'ADN de chaque individu d'une population — performantes et à moindre coût permettent d'envisager une nouvelle stratégie de sélection et de production de variétés beaucoup plus rapide. Les chercheurs ont montré qu'il était possible de sélectionner quelques dizaines de marqueurs moléculaires pour identifier de façon unique chaque individu et reconstituer son pedigree, soit l'identité de sa mère et de son père. Il devient alors envisageable de simplifier les cycles de sélection en substituant aux croisements bi-parentaux, des croisements de type « polycross » où une mère est croisée avec un mélange de plusieurs pollens. Cette stratégie présente l'avantage de favoriser le brassage génétique dans la population d'amélioration. En supprimant la

phase de croisements bi-parentaux, le cycle de sélection est raccourci d'environ 10 ans. Une approche complémentaire a été mise en œuvre en matière de sélection génomique. Elle consiste à construire un modèle de prédiction calibré dans une population génotypée pour un grand nombre de marqueurs moléculaires et caractérisée finement pour ses performances (croissance, rectitude du tronc, etc.). Ce modèle statistique permet de prédire la valeur génétique d'un arbre à partir des marqueurs moléculaires sans attendre que ses performances soient mesurées à l'âge adulte, soit un gain de temps considérable. Afin d'évaluer la possibilité d'utiliser cette stratégie chez le pin maritime, des individus de la population d'amélioration ont été génotypés avec plusieurs milliers de marqueurs moléculaires. La performance réelle des arbres a ensuite été comparée avec celle prédite par le modèle statistique. Cette étude montre qu'il est possible d'obtenir un niveau de précision équivalent entre les performances prédites et celles évaluées avec les méthodes conventionnelles basées sur la connaissance des pedigrees. À l'avenir, cette méthodologie pourrait être couplée aux méthodes actuelles d'évaluation génétique pour en améliorer la précision et surtout accélérer les gains génétiques.

Références scientifiques

Bartholomé J, Van Heerwaarden J, Isik F, Boury C, Vidal M, Plomion C, Bouffier L (2016) Performance of genomic prediction within and across generations in maritime pine. *BMC Genomics* 17:604.
Isik F, Bartholomé J, Farjat A, Chancerel E, Raffin A, Sanchez L, Plomion C, Bouffier L (2016) Genomic selection in maritime pine. *Plant Science* 242: 108-119.
Vidal M, Plomion C, Raffin A, Harvengt L, Bouffier L (2017) Forward selection in a maritime pine polycross progeny trial using pedigree reconstruction. *Annals Forest Science* 74 (in press).
Vidal M, Plomion C, Harvengt L, Raffin A, Boury C, Bouffier L (2015) Paternity recovery in two Maritime pine polycross mating designs and consequences for breeding. *Tree Genetics Genomes* 11: 105.

Contacts

• Laurent Bouffier / Chargé de recherche : 05.57.12.28.27 - laurent.bouffier@inra.fr
• Christophe Plomion / Directeur de recherche : 05 57 12 27 65 - christophe.plomion@inra.fr
Unité mixte de recherche Biodiversité, gènes et communautés (UMR BIOGECO / Inra-université de Bordeaux).



La génétique et la génomique pour répondre aux enjeux des forêts de demain

Les forêts cristallisent des enjeux économiques et écologiques majeurs qui interpellent sylviculteurs, industriels et citoyens. Au-delà de leur fonction de production de bois, elles jouent un rôle central dans le maintien de la biodiversité, la régulation des cycles de l'eau et du carbone, ou l'atténuation des effets du changement climatique. Les recherches sur la génétique des arbres apportent des éléments de réponse à ces enjeux globaux et locaux. Dans ce contexte, la conférence de l'International Union of Forest Research Organizations (IUFRO 2016), organisée à Arcachon par l'Unité mixte de recherche BIOGECO) a réuni 250 chercheurs de 35 pays pour renforcer le partage de connaissances et d'innovations répondant aux attentes de la filière.

À l'échelle mondiale, les forêts et terres boisées couvrent 4 milliards d'hectares (ha), soit 30% des terres émergées, et abritent 50% de la biodiversité terrestre. Les forêts de plantation ne représentent que 7% de cette surface, mais 50% de la production de bois. En France métropolitaine, le taux de boisement, qui a pratiquement doublé depuis le XIXe siècle, est de 30%, soit environ 16,7 millions ha. En Nouvelle-Aquitaine, les forêts s'étendent sur 2,8 millions d'hectares (34% du territoire régional), notamment dans les Landes de Gascogne, une des plus importantes forêts plantées d'Europe occidentale, constituée à plus de 80 % de pin maritime. Ces forêts constituent une ressource valorisée par l'industrie et créatrice d'emplois. Avec près de 57 000 emplois en 2015 dans le secteur forêt-bois-papier, la Nouvelle-Aquitaine fournit plus du quart de la production française de bois. Les forêts sont au cœur de trois transitions majeures : climatique (effets du changement climatique et risques) ; énergétique (usage accru de la biomasse forestière dans la production énergétique et compétition pour la ressource) ; écologique (favoriser l'écoconstruction et les matériaux biosourcés dont le bois constitue une composante majeure).

Le secteur est confronté au double défi du maintien, voire de l'augmentation, de la production de bois, et de l'adaptation au changement climatique. Les ressources génétiques et les connaissances acquises sur le fonctionnement du génome des arbres constituent un des leviers pour faire face à ces enjeux.

La génétique a connu, ces dernières années, une véritable révolution grâce à l'avènement de nouvelles technologies de séquençage et de génotypage à haut débit, qui permettent d'analyser la structure, la fonction et l'évolution des génomes des organismes vivants. Cette nouvelle discipline de la biologie, la génomique, produit des connaissances utiles pour répondre aux enjeux du XXIe siècle de la filière forêt-bois : demande croissante de bois, adaptation des essences/variétés aux effets du changement climatique et aux menaces accrues des mala-

dies et bioagresseurs. Depuis 2006, et le premier séquençage du génome d'un arbre forestier (peuplier) l'évolution des méthodes et outils d'analyse du génome ont permis de faire progresser les connaissances sur les mécanismes moléculaires impliqués dans la croissance et le développement des arbres, et leurs réponses aux perturbations environnementales. A l'horizon 2025, les recherches en génomique forestière amélioreront la compréhension des mécanismes d'adaptation et d'évolution des arbres. Elles permettront également de mettre en œuvre des stratégies innovantes pour accélérer l'amélioration génétique des arbres, ainsi que la caractérisation et la mise en place d'actions de préservation des ressources génétiques, garantes de la capacité d'adaptation des forêts naturelles et de plantations.

La conférence internationale sur le thème de la révolution génomique en génétique forestière, organisée du 30 mai au 3 juin 2016 à Arcachon, a réuni 250 chercheurs, post-doctorants et étudiants de 35 pays. Regroupant pour la première fois les chercheurs des quatre groupes de travail de l'IUFRO concernés par la génétique et la génomique forestière a permis de présenter et de discuter des nouvelles découvertes scientifiques dans les domaines de la génétique des populations, génétique quantitative, génétique évolutive et biologie moléculaire ainsi que de leur application à la conservation et à l'amélioration des ressources génétiques.

Référence scientifique

Holliday J, Aitken S, Cooke J, Fady B, González-Martínez S, Heuertz M, Jaramillo-Correa J, Lexer C, Staton M, Whetten R, Plomion C (2017) Advances in ecological genomics in forest trees and applications to genetic resources conservation and breeding. *Molecular Ecology* 26: 706-717

Contact

• Christophe Plomion / Directeur de recherche : 05 57 12 27 65 - christophe.plomion@inra.fr
Unité mixte de recherche Biodiversité, gènes et communautés (UMR BIOGECO / Inra-université de Bordeaux

+ d'infos

Lire le dossier de presse :

<https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/348906-9403f-resource-dossier-de-presse-iufro2016-arcachon.pdf>



Une nouvelle chaire pour étudier la génomique et l'écologie du pin maritime

Le projet « ECOGENPIN : Ecological genomics of local adaptation in maritime pine, an iconic conifer with large ecological and economic value in south-western Europe » a été accepté et financé par l'Initiative d'excellence (IDEX) de l'université de Bordeaux dans le cadre de son appel à projets « Chaires senior ».

Ce projet, coordonné par Santiago C. González-Martínez (UMR BIOGECO Inra-université de Bordeaux), a pour objectif principal d'étudier l'adaptation polygénique du pin maritime à des conditions environnementales hétérogènes à différentes échelles géographique et temporelle, en particulier pour étudier si le pin peut s'adapter assez vite. Ces travaux vont mobiliser l'expertise multidisciplinaire de l'unité mixte de recherche BIOGECO autour de l'évolution, en génomique, en écophysiologie, sur l'amélioration du pin maritime, en modélisation, ainsi que l'étude des réseaux de gènes.

Santiago C. González-Martínez a rejoint l'UMR BIOGECO en 2015 pour développer un ambitieux programme de recherche en écologie et génomique des arbres forestiers. Fort de plus de 20 ans d'expérience, son parcours scientifique l'a conduit à travailler aux Etats-Unis (UCDavis), en Suisse (UNIL), en Espagne (INIA-Madrid) ainsi qu'en France (ISEM-Montpellier). Il a notamment coordonné le projet européen EraNet LinkTree (FP7 BiodivERsA) et a publié plus de 100 articles dans des revues internationales (notamment Current Biology, Genetics, Molecular Biology & Evolution, New Phytologist et Molecular Ecology). Ses travaux se concentrent sur les bases moléculaires de l'adaptation des arbres forestiers au changement climatique et les trajectoires évolutives des écosystèmes forestiers.

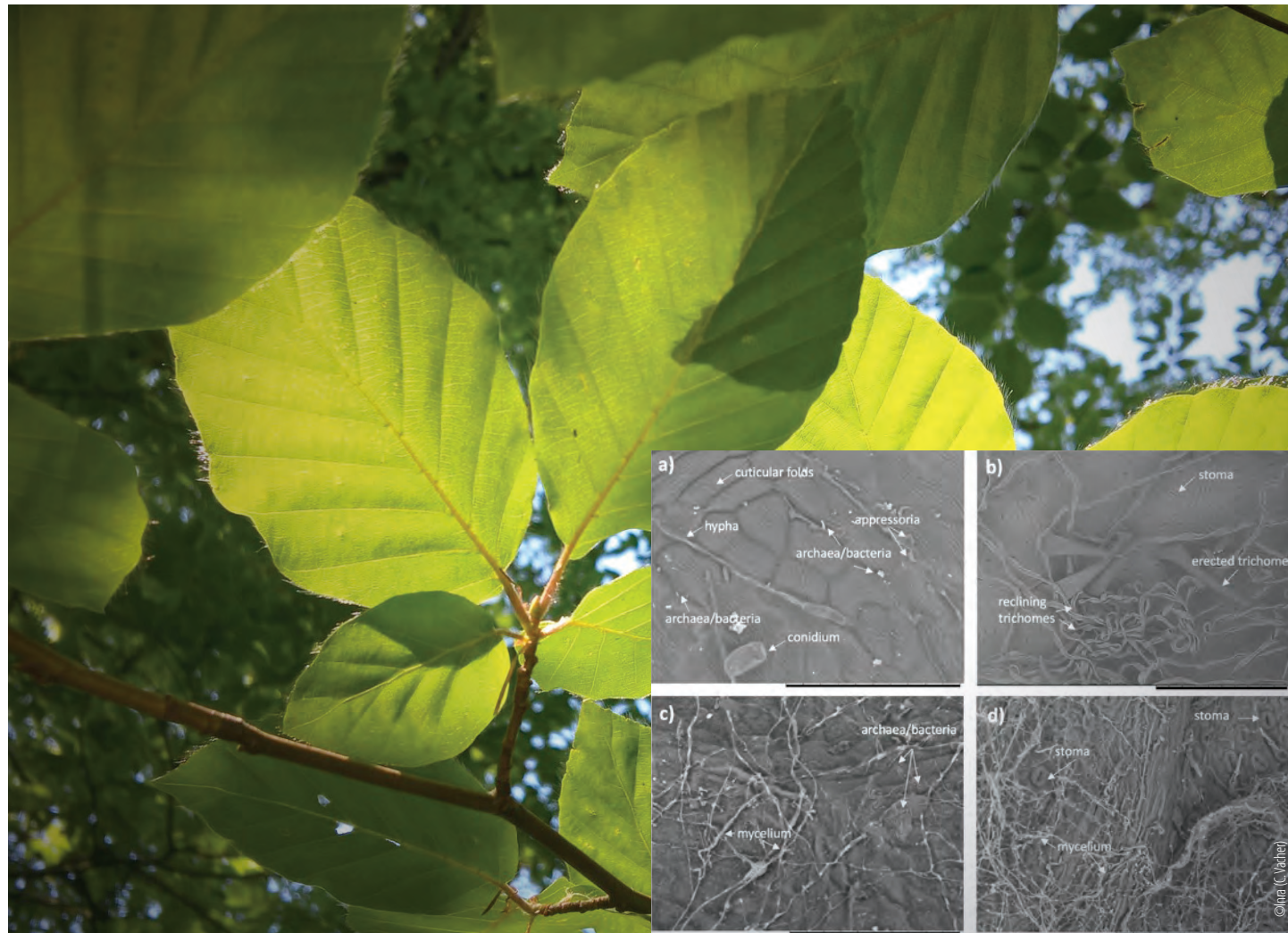
Le financement du Programme « Chaires senior » de l'IDEX Bordeaux a facilité l'intégration de Santiago C. González-Martínez au sein de l'UMR BIOGECO et le déploiement de ses travaux. Les recherches financées par la Chaire induent une étude comparative de l'évolution adaptative des deux espèces européennes de pin les plus importantes, le pin sylvestre et le pin maritime. Cette étude a montré qu'en comparaison avec d'autres plantes, ces deux espèces montrent des signaux d'évolution adaptative accélérée au niveau de leurs génomes. Ces patrons d'évolution adaptative sont similaires dans les deux espèces d'arbres malgré les fortes différences de leurs traits d'histoire de vie et de leurs tailles de population efficaces.

Contact

• Santiago C. González-Martínez / Directeur de recherche : 05 57 12 27 57 - santiago.gonzalez-martinez@inra.fr
Unité mixte de recherche Biodiversité, gènes et communautés (UMR BIOGECO / Inra-université de Bordeaux).

Les chaires de l'IDEX Bordeaux

Afin de renforcer l'attractivité du site bordelais, l'Initiative d'excellence (IDEX) de l'université de Bordeaux finance notamment des chaires, destinées à accueillir des chercheurs juniors ou seniors. Les chaires seniors visent spécifiquement à accompagner l'installation durable de chercheurs réputés apportant de nouvelles compétences sur le site bordelais. Elle s'adresse à des chercheurs confirmés, à la carrière résolument internationale, arrivant sur le site bordelais sur un des postes de directeur de recherche ou professeur des universités.



La phyllosphère : une jungle microbienne à l'interface plante-climat

Les parties des plantes qui se localisent au-dessus du niveau du sol (phyllosphère) abritent des communautés microbiennes qui sont à l'interface entre plantes et atmosphère. Ces communautés influencent la performance de la plante qui les accueille, ainsi que le fonctionnement des écosystèmes. A la croisée entre écologie et évolution, les chercheurs ont conçu un cadre conceptuel qui permettra de mieux prédire la dynamique et l'évolution de ces communautés en réponse aux changements globaux.

Les plantes interagissent avec des microorganismes tout au long de leur cycle de vie. Ces communautés microbiennes peuvent moduler la résistance des plantes contre de multiples stress (sécheresse, ravageurs et maladies), influencer sa capacité à se reproduire (fitness), contribuer à de nombreuses fonctions écosystémiques (cycle de l'eau et des nutriments, par exemple) et pourrait jouer un rôle non-négligeable dans leur réponse aux changements climatiques.

Une meilleure prise en compte de ces communautés microbiennes, voire leur pilotage, permettrait d'améliorer la performance des plantes et de renforcer la résilience des écosystèmes aux changements globaux. Pour cela, les connaissances sur les microorganismes associés aux différents organes de la plante doivent être synthétisées et replacées dans un cadre conceptuel permettant d'analyser la dynamique et l'évolution des communautés microbiennes. C'est précisément ce travail que les chercheurs ont mis en œuvre sur la phyllosphère.

La phyllosphère, l'habitat microbien formé par les feuilles des plantes, est étudié par les microbiologistes et les pathologistes depuis le milieu des années 1950. Les premières études ont révélé la grande diversité des communautés microbiennes de la phyllosphère et démontré que ces communautés jouent un rôle important dans la protection contre les maladies foliaires. Ces communautés influencent également les traits fonctionnels foliaires et jouent un rôle crucial dans le cycle de l'eau et des nutriments. L'émergence des nouvelles techniques de séquençage a récemment donné un nouvel essor à cette thématique de recherche, en donnant accès à la diversité microbienne non-cultivable. Afin de pouvoir prédire la dynamique et l'évolution des communautés microbiennes de la phyllosphère, il est nécessaire de disposer d'un cadre conceptuel qui intègre la plante, l'atmosphère et les microorganismes qui se développent à leur interface. En s'appuyant sur la théorie de Mark Vellend (2010), les chercheurs ont proposé d'analyser la structure des communautés microbiennes de la phyllosphère à l'aide de quatre processus : la sélection, la diversification évolutive, la dispersion et la dérive. La sélection qui est exercée par les traits foliaires, le microclimat foliaire et les interactions entre microorganismes, filtre parmi tous les microorganismes présents sur les feuilles ceux qui parviendront à y survivre. La diversification évolutive génère des microorganismes possédant de nouvelles fonctions, tandis que la dispersion permet à certains microorganismes

d'atteindre l'habitat foliaire. La dérive écologique, quant à elle, crée des variations aléatoires dans les abondances microbiennes.

Les chercheurs ont ensuite consulté et synthétisé toutes les études qui démontrent l'influence de ces quatre processus. Ce cadre conceptuel, qui intègre écologie et évolution, sera utile pour mieux comprendre la réponse des communautés microbiennes de la phyllosphère au changement climatique, aux pesticides, aux polluants atmosphériques et aux invasions biologiques.

Cette synthèse a permis d'identifier plusieurs défis à relever dans les recherches futures sur les communautés microbiennes de la phyllosphère :

- le déchiffrement des réseaux d'interactions entre les microorganismes et l'évaluation de leur influence sur la santé de la plante ;
- l'identification des propriétés des communautés microbiennes de la phyllosphère bénéfiques au fonctionnement de la plante et de l'écosystème ;
- l'analyse de l'architecture génétique de ces propriétés bénéfiques et l'intégration des résultats dans les programmes d'amélioration variétale ;
- l'étude des liens entre la diversification évolutive des communautés microbiennes de la phyllosphère et l'adaptation des plantes aux changements environnementaux ;
- la modélisation des changements de distribution des communautés microbiennes de la phyllosphère sous différents scénarios de changement climatique, et la prédiction des conséquences sur les communautés végétales et les cycles biogéochimiques.

Référence scientifique

Vacher, C., Hampe, A., Porté, A.J., Sauer, U., Compant, S., Morris, C.E. 2016. The phyllosphere: microbial jungle at the plant-climate interface. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 47: 1-24.

Contact

• Corinne Vacher / Chargée de recherche : 05 57 12 27 24 - corinne.vacher@inra.fr - Unité mixte de recherche Biodiversité, gènes et communautés (UMR BIOGECO / Inra-université de Bordeaux).



La crise climactérique du fruit décryptée par un modèle mathématique

Des chercheurs de l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux analysent le métabolisme des fruits, fonction biologique essentielle dans le développement de fruits de qualité. Celle-ci résulte d'un compromis entre la croissance du fruit et sa composition qui lui confère son goût et sa résistance. Chez certains fruits, le mûrissement est provoqué par l'émission d'un gaz, l'éthylène, couplée avec un inattendu pic respiratoire. Ce phénomène est connu depuis longtemps, mais son utilité et son origine étaient restées jusqu'ici inexpliquées. La biologie prédictive et la modélisation ont permis aux chercheurs de lever le voile sur cette crise climactérique.

La crise climactérique, phénomène connu depuis longtemps, s'observe en début de mûrissement chez de nombreux fruits. Elle a fait l'objet de nombreux travaux et les mécanismes moléculaires qui sous-tendent son apparition (la signalétique de l'éthylène) ont été décrits. Cependant, la signification physiologique de ce pic de respiration capable de générer de la chaleur était restée énigmatique. La Biologie des systèmes permet d'approfondir notre connaissance du métabolisme central et la manière dont il participe au développement du fruit et de sa qualité. La topologie de ce métabolisme est bien connue et la connaissance des régulations des réactions qui le composent a beaucoup progressé, notamment grâce à la génomique fonctionnelle. Cependant, la manière dont le réseau métabolique fonctionne demeure méconnue du fait de l'interaction de très nombreux paramètres et variables, qui dépasse nos capacités intellectuelles actuelles. La modélisation stœchiométrique, construite d'après la loi d'action de masse et utilisée pour estimer la distribution des flux dans les réseaux métaboliques, a permis aux chercheurs de proposer une signification physiologique de la crise climactérique.

Le modèle mathématique décrit le métabolisme central carboné du fruit de la tomate avec environ 70 réactions. Tout au long du développement du fruit, il permet de calculer la distribution des flux métaboliques grâce à l'utilisation de contraintes mesurées expérimentalement (principalement les vitesses de synthèse des différents constituants de la biomasse). Le modèle a été validé par la comparaison des prédictions par exemple pour la demande carbonée du fruit ainsi que pour des réactions catalysées par des enzymes. Ainsi, il a prédit un pic respiratoire coïncidant avec la crise climactérique, pouvant être interpréter comme le résultat d'un trop-plein énergétique provoqué par la mobilisation de réserves (amidon et paroi) qui survient juste avant le début du mûrissement. La possibilité de moduler expérimentalement la mise en réserve d'amidon (davantage sous stress hydrique, moins sous ombrage) suggère un lien direct avec la dissipation d'énergie sous forme de chaleur via l'engagement de la voie respiratoire de l'oxydase alterne.



Dans le cadre du projet ANR FRIMOUS démarré fin 2015, cette modélisation va être étendue à davantage de voies métaboliques et sera ensuite transférée à d'autres espèces, dont certaines ne sont pas climactériques. Les chercheurs pensent ainsi aboutir à une meilleure compréhension de la crise climactérique, un phénomène qui représente une perte parfois très importante de carbone pour le fruit.

Référence scientifique

Colombié S., Beauvoit B., Nazaret C., Bénard C., Vercambre G., Le Gall S., Biais B., Cabasson C., Maucourt M., Bernillon S., Moing A., Dieuaide-Noubhani M., Mazat J.-P., Gibon Y (2017). Respiration constraint-based modelling. *New Phytologist* 213(4), 1726–1739.

Contacts

• Yves Gibon / Directeur de recherche : yves.gibon@inra.fr
• Sophie Colombié / Chargée de recherche : 05 57 12 25 77 - sophie.colombie@inra.fr
Unité mixte de recherche Biologie du Fruit et Pathologie (UMR BFP / Inra-université de Bordeaux).



Un large jeu de données de phénologie pour étudier l'impact du changement climatique sur le cerisier doux

Chercheurs et professionnels de l'arboriculture ont collaboré pour constituer un vaste ensemble de données sur la floraison et la maturité du cerisier doux (*Prunus avium* L.). Ces données, qui couvrent une période de 37 ans (1978 – 2015), sont caractérisées par la grande diversité des sites où les observations ont été conduites, ainsi que par le nombre important de variétés concernées. Un tel jeu de données est essentiel pour développer des analyses phénologiques portant notamment sur les réponses des arbres au changement climatique ou l'étude de la plasticité, ainsi que pour développer des modèles prédictifs.

Sous l'effet du changement des conditions climatiques, une évolution de la phénologie est déjà observée, notamment l'avancée marquée des dates de débourrement et de floraison. Ceci est particulièrement notable chez les espèces végétales pérennes, comme le cerisier, dont la phénologie est régie par la température. Des études de longues séries de données de floraison ont montré leur intérêt pour reconstituer les climats passés ainsi que pour prédire la phénologie en réponse à des scénarios climatiques futurs. Ceci est particulièrement vrai pour le développement de modèles prédictifs comme outils d'aide aux stratégies de sélection pour obtenir des variétés adaptées aux futures conditions climatiques.

Cependant, les études phénologiques réalisées sur le cerisier doux ne mobilisaient jusqu'ici que peu de données. C'est dans ce contexte de carence d'informations sur un grand nombre de sites et de variétés que les chercheurs ont proposé de construire un jeu de données exploitables à l'échelle européenne.

Les données de floraison et de maturité ont ainsi été collectées pour un grand nombre de variétés à partir d'une base de données administrée par le Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL) pour les données françaises, et dans le cadre du réseau européen COST (Action FA 1104), coordonné par José Quero-García (Inra), pour les données européennes. Au total, le jeu de données rassemble des données issues de 25 sites expérimentaux européens, qui peuvent compter jusqu'à 190 variétés. Afin de garantir l'homogénéité des données, elles ont été produites suivant l'échelle BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) ; échelle décimale qui permet de caractériser les stades de développement des plantes cultivées. Pour valider les données, elles ont été comparées aux données de cerisier disponibles dans la base de données européenne de référence PEP725 (www.pep725.eu). Le jeu de données est aujourd'hui mis à disposition de la communauté de chercheurs sur la base de données Dryad.

La diffusion de ce jeu de données sur le cerisier doux pourra servir de support aux analyses phénologiques en lien avec le changement climatique. Ces données pourront également être associées à d'autres données de floraison pour le cerisier ou d'autres arbres fruitiers dans l'objectif de réaliser une plus large évaluation de la phénologie en Europe.

Références scientifiques

Wenden B, Campoy JA, Lecourt J, López Ortega G, Blanke M, Radičević S, Schüller E, Spornberger A, Christen D, Magein H, Giovannini D, Campillo C, Malchev S, Peris JM, Meland M, Stehr R, Charlot G, Quero-García J. A collection of European sweet cherry phenology data for assessing climate change. *Scientific Data*, in press (2016).

Wenden B, Campoy JA, Lecourt J, López Ortega G, Blanke M, Radičević S, Schüller S, Christen D, Magein H, Giovannini D, Campillo C, Malchev S, Peris JM, Meland M, Stehr R, Charlot G & Quero-García J. Sweet cherry phenology data 1978-2015. *Dryad Digital Repository* (2016).

Contacts

- Bénédicte Wenden / Chargée de recherche : 05 57 12 25 49 - benedicte.wenden@inra.fr
 - Elisabeth Dirlewanger / Directrice de recherche : 05 57 12 24 61 - elisabeth.dirlewanger@inra.fr
- Unité mixte de recherche Biologie du Fruit et Pathologie (UMR BFP / Inra-université de Bordeaux).



Comparaison inter-spécifique des processus de concentration en sucres solubles des fruits charnus (tomate, pêche et raisin)

Les productions de fruits et de vins subissent les aléas environnementaux, mais aussi les modifications des préférences des consommateurs dont les goûts et les attentes en matière nutritionnelle évoluent ; ce qui implique de faire évoluer les variétés produites. Les recherches en biologie du fruit visent notamment à comprendre les facteurs qui influencent la croissance et la qualité des fruits, afin de pouvoir améliorer les traits visés.

Les chercheurs ont ainsi développé un modèle mathématique pour comparer l'accumulation des sucres solubles du raisin, de la tomate et de la pêche. Ils ont identifié différents modes de régulation de la concentration en sucre, basés sur l'import ou sur la dilution du sucre, ou combinant les deux processus. Ces résultats apportent des connaissances nouvelles sur le déterminisme de la concentration en sucre dans ces fruits charnus.

La création d'un modèle mathématique mécaniste et déterministe a permis de comparer les concentrations en sucres solubles de trois fruits charnus : le raisin, la tomate et la pêche. Pour chaque espèce, les chercheurs ont collecté des jeux de données représentatifs du processus d'accumulation des sucres solubles au cours du développement des fruits. Ces données représentent 104 combinaisons entre les trois espèces, les génotypes (30 accessions testées) et les conditions de culture (19 années et 16 régimes de fertilisation minérale et de conditions environnementales).

À maturité, le raisin présente les concentrations en sucres solubles les plus élevées (16,5 à 26,3 g/100 g de poids frais (PF)), suivi par la pêche (2,2 à 20 g/100 g PF) puis la tomate (1,4 à 5,0 g/100 g de PF). Les principaux processus physiologiques qui contribuent à la concentration en sucres solubles dans les fruits ont été décomposés par les chercheurs entre : importation, métabolisme et dilution hydrique. Ils ont ensuite été formalisés dans un modèle mathématique mécaniste. Des modes de régulation différents ont été ainsi identifiés : basés sur l'import ou sur la dilution hydrique des sucres, ou encore sur une combinaison des deux. Ainsi, chez le raisin, la concentration plus élevée en sucre que chez la tomate résulte d'une activité de translocation (import) vers le fruit plus importante. La concentration en sucre soluble plus élevée chez le raisin que chez la pêche est due à un facteur de dilution des sucres moins élevé. Enfin, les différences de concentrations en sucres solubles entre le raisin et la tomate cerise, la tomate cerise et la pêche, et la pêche et la tomate s'expliquent à la fois par des différences de facteurs de dilution et d'activités d'importation des sucres solubles dans les fruits. Enfin, ces

trois modes de régulation de la concentration en sucres semblent assez spécifiques de chaque espèce, mais leur impact sur la composition finale du fruit peut varier de façon significative en fonction de la variation intra-spécifique du génotype (variétés) et des conditions de culture.

Les résultats obtenus pourraient se révéler extrêmement utiles en agronomie. Les comparaisons inter-espèces mettent en lumière les différents modes de contrôle de la concentration en sucres solubles dans les fruits charnus. Ceci pourrait permettre d'orienter les stratégies d'amélioration des espèces fruitières, par des approches de sélection assistée par modèle, en couplant l'utilisation de modèles mécanistes à une analyse génétique, pour obtenir des fruits charnus avec un niveau optimal de sucres solubles. Ils pourraient également donner des informations utiles pour améliorer les conditions de culture des espèces fruitières. Ces perspectives sont en cours de développement dans le cadre du projet ANR FRIMOUS (ANR-15-CE20-0009).

Référence scientifique

Dai Z, Wu H, Baldazzi V, van Leeuwen C, Bertin N, Gautier H, Wu B, Duchêne E, Gommès E, Delrot S, Lescouret F, Génard M. 2016. Inter-species comparative analysis of components of soluble sugar concentration in fleshy fruits. *Frontiers in Plant Science* 7, 649. doi: 10.3389/fpls.2016.00649

Contacts

- Zhanwu Dai / Chargé de recherche : 05 57 57 59 22 - zhanwu.dai@inra.fr
- Eric Gomes / Professeur : 05 57 57 59 10 - eric.gomes@inra.fr
Unité mixte de recherche Ecophysiologie et Génomique Fonctionnelle de la Vigne (UMR EGFV / Inra-université de Bordeaux-Bordeaux Sciences Agro)
- Valentina Baldazzi / Chargée de recherche : 04 92 38 64 22 - valentina.baldazzi@inra.fr
- Michel Genard / Directeur de recherche : 04 32 72 24 58 - michel.genard@inra.fr
Unité de recherche Plantes et Systèmes de Culture Horticoles (Inra)



Le mildiou de la vigne sous surveillance : s'adapte-t-il aux cépages résistants ?

Au moment où de nouveaux cépages résistants, notamment au mildiou de la vigne, vont être déployés au vignoble, les capacités d'adaptation des pathogènes aux variétés résistantes restent mal connues. En comparant l'agressivité de différentes populations de mildiou, des chercheurs de l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux montrent que si la résistance des cépages est globalement efficace, le mildiou est néanmoins capable de s'adapter en quelques années, diminuant ainsi l'efficacité de ces résistances. Ces résultats plaident pour adosser l'utilisation des cépages résistants à des pratiques agronomiques préservant leurs durabilités.

Les cépages de vigne cultivés sont tous très sensibles aux maladies aériennes, notamment au mildiou (*Plasmopara viticola*). La vigne cultivée (*Vitis vinifera*) n'a pas spontanément la capacité de se défendre contre cette maladie d'origine américaine qui a été introduite en Europe au XIX^e siècle. Actuellement, la protection contre ce pathogène requiert entre 5 et 10 traitements fongicides par an. Une des méthodes alternatives de gestion de la maladie consiste à utiliser des variétés de vignes résistantes, une option déjà privilégiée dans de nombreuses cultures. Grâce à l'aboutissement de différents programmes d'amélioration de la vigne en Europe, cette solution est maintenant envisageable en viticulture. On estime qu'elle pourrait permettre une réduction de près de 90% de l'utilisation des fongicides sur vigne.

En 2017, l'Inra inscrira au catalogue une série de cépages présentant une résistance partielle au mildiou. Toutefois, l'efficacité de ces résistances pourrait être réduite par l'émergence de souches « virulentes » après seulement quelques années de culture des cépages résistants.

Dans ce contexte, les chercheurs de l'unité mixte de recherche Santé et agroécologie du vignoble (Inra-Bordeaux Sciences Agro) travaillent sur la gestion durable des résistances de la vigne. Une des questions est de savoir si le mildiou de la vigne est susceptible de s'adapter à la pression de sélection qu'exerceront les cépages résistants. Pour y répondre, ils ont comparé l'agressivité de souches de mildiou collectées sur des cépages résistants avec celle de souches de mildiou « naïves », c'est-à-dire n'ayant jamais rencontré la résistance des cépages. Les populations de mildiou étudiées provenaient de Suisse et d'Allemagne, deux pays où plusieurs cépages résistants ont déjà été déployés. Lors d'une expérimentation en laboratoire, les chercheurs ont inoculé les souches de mildiou sur trois cépages allemands (Regent, Prior et Bronner).

Les résultats montrent que la résistance partielle des cépages est globalement efficace pour contrôler le mildiou : la production de spores de mildiou est réduite de 58% à 92% par rapport à un cépage sensible (Cabernet sauvignon). Cependant, les chercheurs ont également observé que les souches issues des cépages résistants présentent déjà une sporulation plus

importante et plus précoce que les souches « naïves » (issues de cépages sensibles). Ainsi, sur les cépages Regent et Prior, l'adaptation des populations de mildiou conduit à une réduction de l'efficacité potentielle de la résistance de près de 26%. Sur le cépage résistant Bronner, la diminution d'efficacité est de 7%. C'est ce qu'on appelle « l'érosion de la résistance ». Dans le cas du Regent, cette adaptation est, en outre, très rapide (inférieure à 5 ans), comme l'avait déjà suspectée une précédente étude conduite par la même équipe.

Les chercheurs montrent aussi que cette évolution des populations de mildiou ne semble pas avoir de conséquences pour les cépages cultivés actuellement. En effet, sur le Cabernet sauvignon, considéré comme sensible, les souches « virulentes » de mildiou ne paraissent pas plus agressives que les souches « naïves ». Ce résultat nécessitera néanmoins d'être confirmé par de nouvelles expérimentations.

Au moment où l'Inra va mettre sur le marché de nouveaux cépages résistants, ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte la durabilité des résistances. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle l'Inra privilégie la création de variétés à résistance plurigénique, c'est à dire cumulant plusieurs facteurs de résistance à un même agent pathogène. Cette stratégie de création variétale, dénommée « pyramidage », est reconnue pour assurer une plus grande durabilité des résistances. De leur côté, les agronomes travaillent sur les itinéraires culturaux adaptés à ces nouveaux cépages. C'est de cette approche pluridisciplinaire - combinant des leviers génétiques et agronomiques - que nous réüssirons à élaborer des systèmes viticoles qui réduisent fortement l'utilisation des fongicides.

Référence scientifique

Delmas, C. E. L., Fabre, F., Jolivet, J., Mazet, I. D., Richart Cervera, S., Delière, L. and Delmotte, F. (2016), Adaptation of a plant pathogen to partial host resistance: selection for greater aggressiveness in grapevine downy mildew. *Evolutionary Applications*, 9: 709–725. doi: 10.1111/eva.12368.

Contacts

- Chloé Delmas / Chargée de recherche : 05 57 12 26 36 – chloe.delmas@inra.fr
 - François Delmotte / Directeur de recherche : 05 57 12 26 14 – francois.delmotte@inra.fr
- Unité mixte de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (UMR SAVE /Inra-Bordeaux Sciences Agro).



Un protocole sécurisé pour tester les sensibilités de *Vitis* à la Flavescence dorée

La Flavescence dorée est une maladie de quarantaine contagieuse et incurable chez la vigne qui entraîne un jaunissement des feuilles et son dépérissement. Elle est identifiée dans la plupart des zones de production viticole du sud de l'Europe et, aujourd'hui, plus de la moitié de la superficie du vignoble français est en zone de lutte obligatoire contre la maladie. Mais comment étudier une maladie due à un phytoplasme transmis par un insecte à la vigne, alors que la réglementation oblige à l'arrachage immédiat des ceps contaminés ? Les chercheurs ont développé un protocole mimant, en situation de confinement, les conditions naturelles de l'infection de la vigne. Il a notamment permis de classer 30 espèces/variétés de *Vitis* en fonction de leur niveau de sensibilité à la Flavescence dorée.

La Flavescence dorée (FD) de la vigne est une maladie déclarée de quarantaine en raison de son fort potentiel épidémique. Elle est causée par un phytoplasme circulant dans la sève et transmis par une cicadelle *Scaphoideus titanus*. Elle affecte actuellement les vignobles de dix pays européens et oblige à l'usage d'insecticides contre la cicadelle vectrice. La propagation de la maladie dépend du nombre de phytoplasmes dans les plantes sur lesquelles l'insecte va se nourrir et du nombre d'insectes vecteurs. Une des stratégies pour contrôler la maladie serait de planter des vignes moins sensibles à ce phytoplasme. Néanmoins, en raison de l'arrachage obligatoire des plantes malades, les études de sensibilité des différentes variétés à la maladie sont encore rares.

Le protocole mis au point par les chercheurs permet d'inoculer des vignes en serre de haut confinement et de mesurer leur capacité de résistance à la transmission par l'insecte, la diffusion du phytoplasme dans la plante, sa multiplication, ainsi que le développement des symptômes. Les chercheurs de l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux en collaboration avec ceux de l'Inra Grand-Est Colmar ont conçu un protocole de transmission du phytoplasme FD par son insecte vecteur naturel *Scaphoideus titanus*. Il utilise des plantes cultivées *in vitro* et un confinement en serre agréée pour inoculer des plants de vigne *Vitis vinifera*, des porte-greffes ou des vignes sauvages, en toute sécurité.

Les mesures de taux d'infection, de multiplication du phytoplasme et des symptômes s'approchent de ce qui est observé au vignoble pour les deux cépages Cabernet Sauvignon et Merlot, au cœur de l'étude. Les chercheurs ont montré que le premier est très sensible, alors que le second est plus résistant à la Flavescence dorée. En effet, chez le Merlot, le phytoplasme ne diffuse pas dans la plante, et au site de transmission par l'insecte, sa multiplication est cent fois inférieure à celle observée chez le Cabernet Sauvignon. Ce protocole a permis de classer une trentaine d'espèces/variétés de *Vitis* en fonction de leur niveau de sensibilité à la Flavescence dorée, mesuré par le nombre de plantes infectées et la concentration en phytoplasmes.

Chez les cépages, de faibles symptômes sont associés à une concentration en phytoplasmes et à un faible nombre de plantes infectées. Cette association expliquerait la faible propagation de la maladie au vignoble. Sur le cépage « Magdeleine Noire des Charentes », mère du Merlot, le phytoplasme se multiplie mille fois moins que sur le Cabernet Sauvignon et le Sauvignon. Chez les porte-greffes, les concentrations en phytoplasmes peuvent être élevées et pourtant, les plantes ne montrent pas ou peu de symptômes et, par conséquent, ne sont pas arrachées. Il y a donc un risque avéré de propagation dans les parcelles de production de porte-greffes, et dans les porte-greffes ensauvagés présents aux abords des vignobles. Les résultats suggèrent que des traits génétiques distincts sont impliqués dans la capacité de résistance à la transmission par l'insecte, à la diffusion du phytoplasme, ainsi qu'à sa multiplication.

Le contrôle des conditions de transmission de la Flavescence dorée permettra de comparer les réponses physiologiques et moléculaires des cépages à la maladie. Les chercheurs devraient également pouvoir caractériser plus avant la diversité des réponses à la Flavescence dorée chez d'autres cépages, voire des clones, ou des descendants de croisements, à la recherche de vignes plus résistantes pour ainsi limiter l'usage des insecticides au vignoble.

Référence scientifique

Eveillard S, Jollard C, Labrousseau F, Khalil D, Perrin M, Desqué D, Salar P, Razan F, Hévin C, Bordenave L, Foissac X, Masson JE and Malembic-Maher S (2016) Contrasting Susceptibilities to Flavescence Dorée in *Vitis vinifera*, Rootstocks and Wild *Vitis* Species. *Frontiers in Plant Sciences*. 7:1762. doi: 10.3389/fpls.2016.01762

Contact

• Sandrine Eveillard / Chargée de recherche : 05 57 12 23 61 - sandrine.eveillard@inra.fr
Unité mixte de recherche Biologie du Fruit et Pathologie (UMR BFP / Inra-université de Bordeaux).



ClimWine2016 : un point scientifique sur les enjeux du changement climatique pour la filière vigne et vin

Avancée des dates de vendanges, renforcement du stress hydrique, apparition de vins plus alcoolisés avec de nouveaux profils aromatiques, le changement climatique marque déjà la viticulture en France et dans le monde. Quelles évolutions sont envisagées par les différents vignobles ? Quelles innovations permettront à la viticulture et à l'œnologie de s'adapter ? Le Symposium ClimWine2016 organisé par l'Inra à Bordeaux du 10 au 13 avril 2016 a réuni 180 chercheurs d'une vingtaine de pays pour faire le point sur les effets du changement climatique sur la vigne et le vin et analyser les adaptations possibles dans les vignobles.

Au cours de ce symposium, 46 communications orales et 60 posters ont présenté un panorama de l'ensemble des enjeux du changement climatique auxquels devront faire face les filières viti-vinicoles dans le monde. Ce temps d'échange a notamment permis de concrétiser l'aboutissement des projets de recherche Inra LACCAGE et PERPHECLIM. Ces projets pluridisciplinaires visaient à étudier les impacts et les adaptations de la filière Vigne et Vin française au changement climatique, ainsi qu'à créer des outils et des méthodes pour étudier la phénologie des espèces pérennes.

Des changements climatiques

L'évolution attendue du climat, et ses impacts, peu alarmants à l'horizon 2050, s'avèrent très préoccupants d'ici la fin du siècle compte tenu des quantités de gaz à effet de serre déjà rejetés dans l'atmosphère. L'élévation des températures de l'air et la modification du régime des pluies ont été évoquées, mais également des problématiques telles que la température des sols et du vent, qui peuvent avoir des conséquences majeures sur le fonctionnement du vignoble. Des simulations du climat de différentes régions du monde ont été comparées, faisant ressortir l'importance d'une connaissance du climat à l'échelle locale pour répondre aux enjeux de l'adaptation. Une visite de terrain à Saint-Émilion du réseau de capteurs de température maillant 12 500 hectares (projet européen Life-ADVCLIM) a permis d'illustrer la variabilité locale des situations.

Les réponses de la vigne

De nombreux travaux ont précisé les réponses de la vigne à ces modifications climatiques en matière de développement, de croissance, d'utilisation de l'eau ou de composition des baies de raisins. Ils soulignent notamment que l'interaction entre plusieurs facteurs climatiques peut complètement modifier les effets d'un seul paramètre, et qu'il est nécessaire de considérer les effets pluriannuels. Si l'eau ne constitue pas un facteur limitant, une augmentation de 2°C supplémentaires pourrait s'avérer assez inoffensive sur la capacité de la vigne à être cultivée, même si les conséquences sur la composition des raisins pourraient être marquées. Afin d'envisager des mesures d'adaptation, la mise au point de modèles pour simuler le com-

portement de la vigne doit intégrer ces différentes dimensions, mais également se baser sur une compréhension plus fine des déterminants génétiques de la réponse de la vigne aux facteurs environnementaux et de son adaptation.

Les pistes d'adaptation

Les pistes d'adaptation recouvrent un vaste ensemble d'innovations pouvant être combinées de la parcelle à la cave. Côté vignoble, il peut s'agir de revenir à des techniques de conduite traditionnelles en jouant sur la densité de plantation ou la conduite de la vigne, sur les rapports feuilles/fruits, la date de taille, etc. Il est également envisagé de mettre en œuvre des techniques œnologiques modernes ou de profiter de la diversité au sein des cépages pour modifier l'encépagement en introduisant des cépages cultivés ailleurs, ou créés par la recherche, qui combinent résistance aux maladies fongiques et bonne adaptation au changement climatique. L'irrigation devrait être réservée aux situations extrêmes. Mais seule une combinaison de solutions raisonnée à l'échelle locale ou régionale pourra apporter des réponses adéquates.

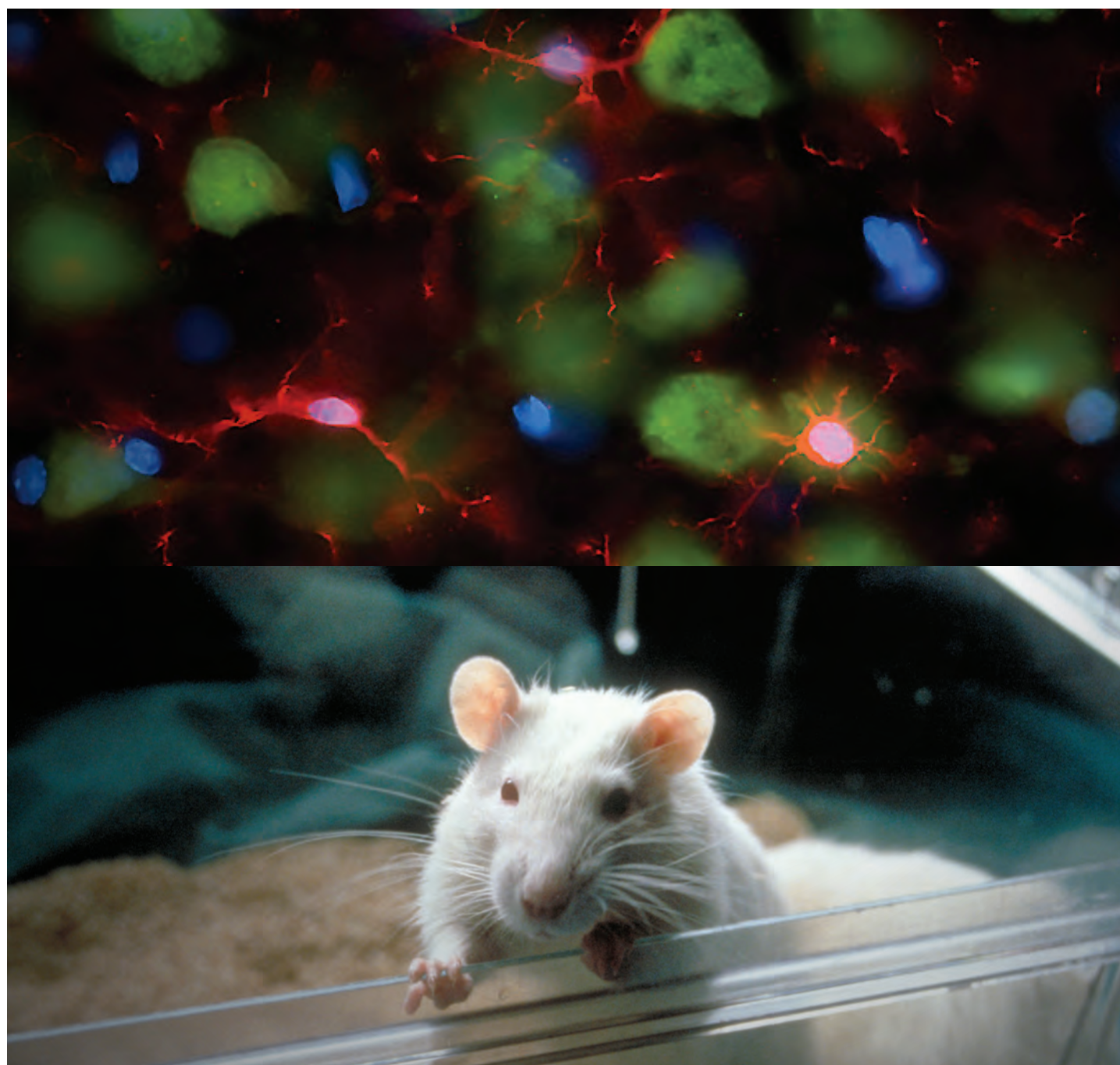
Mais l'adaptation ne sera pas seulement technique. L'étude de la perception des acteurs de la filière fait ressortir que le changement climatique n'est pas nécessairement considéré comme un danger immédiat. Ces acteurs envisagent alors une adaptation incrémentale, de même nature que celle mise en œuvre pour répondre à la variabilité interannuelle du climat, dont ils ont une conscience aiguë. Cette vision de l'adaptation ne suffira pas si les modifications du climat au-delà de 2050 simulées par les climatologues se confirment. Les approches d'économie expérimentale, qui analysent la perception par les consommateurs de ces « nouveaux vins », montrent que si des vins préfigurant les impacts du changement climatique (issus de raisins très mûrs) plaisent en premier lieu, ils séduisent moins le consommateur à moyen terme. Par ailleurs, des études complémentaires montrent que les consommateurs accueillent positivement les innovations nécessaires à l'adaptation au changement climatique, mais que cette perception varie selon le lien que le consommateur a construit avec le vin et son environnement.

Une des conclusions majeures de ce symposium montre qu'il est déterminant de mieux prendre en compte la perception du changement climatique par tous les acteurs de la filière pour s'adapter aux enjeux futurs. La construction d'une vision partagée, élément majeur de la capacité d'adaptation future des vignobles, passe notamment par le renforcement des interactions et réseaux qui lient profession, enseignement et recherche-développement. Le travail de prospective conduit en France par les chercheurs du projet LACCAGE (Inra), France AgriMer, l'INAO et Montpellier SupAgro, a abouti à la définition de 4 chemins d'adaptation : conservateur, innovant, nomade et libéral. Ces chemins conduisent à 4 « avènements » potentiels, présentés lors de ce symposium, et qui vont constituer un élément majeur pour réfléchir avec les professionnels de chaque région viticole.

Contact

• Nathalie Ollat / Ingénieur de recherche : 05 57 57 59 30 - nathalie.ollat@inra.fr
UMR Écophysiologie et Génétique Fonctionnelle de la Vigne (UMR EGFV / Inra - université de Bordeaux - Bordeaux Sciences Agro)





Les liens se resserrent entre consommation d'Oméga 3 et gestion du stress

La relation entre la consommation d'Oméga 3 et l'adaptation au stress ou à l'anxiété se précise. En 2011 déjà, une équipe de chercheurs de l'Inra et de l'Inserm a montré qu'une faible consommation d'Oméga 3 chez les souris augmentait leur stress. Ce phénomène serait lié à l'altération de la capacité du cerveau à produire des endocannabinoïdes (cannabinoïdes endogènes), des lipides du cerveau qui contrôlent la mémoire synaptique. Pour mieux comprendre les liens entre l'anxiété et la plasticité synaptique dépendante des endocannabinoïdes, l'équipe de chercheurs a poursuivi ses expérimentations en testant différents modèles de stress comportementaux sur les rongeurs. Ces travaux révèlent que la plasticité dépendante des endocannabinoïdes dans le noyau accumbens est le substrat neurobiologique de l'anxiété.

Les souris ne sont pas égales face au stress. Un constat réalisé par une équipe de recherche de l'Inra et de l'Inserm qui, après avoir soumis des rongeurs à un stress chronique et mesuré les symptômes émotionnels grâce à une batterie de tests comportementaux : isolement, labyrinthe ou environnement anxiogène, a remarqué que certains animaux étaient naturellement plus résistants au stress. Les chercheurs ont également mis en lumière que cette capacité serait due à une meilleure plasticité des neurones du noyau accumbens, une zone du cerveau impliquée dans la régulation des émotions et du stress, où les endocannabinoïdes sont des acteurs majeurs de la mémoire à l'échelle synaptique.

Pour vérifier cette relation, les souris qui présentaient des symptômes anxieux ont reçu un traitement stimulant la production d'endocannabinoïdes dans le noyau accumbens. Les scientifiques ont observé une limitation de l'anxiété chez ces souris. Ces résultats mettent en évidence pour la première fois la relation directe entre la production d'endocannabinoïdes au niveau du noyau accumbens et le développement de troubles anxieux face à un stress chronique.

Une étape est ainsi franchie dans la mise en lumière du substrat neurobiologique impliqué dans l'adaptation au stress et l'anxiété qui se développe chez certains individus en situation de stress chronique. Ils confortent l'observation précédente des chercheurs qui, dès 2011 avaient découvert que la carence alimentaire en oméga3, des molécules qui modulent la production d'endocannabinoïdes, récapitule les effets comportementaux et neurobiologiques du stress.

Ainsi, ces résultats offrent de nouvelles pistes pour développer des stratégies pharmacologiques et nutritionnelles dans la gestion du stress et de l'anxiété

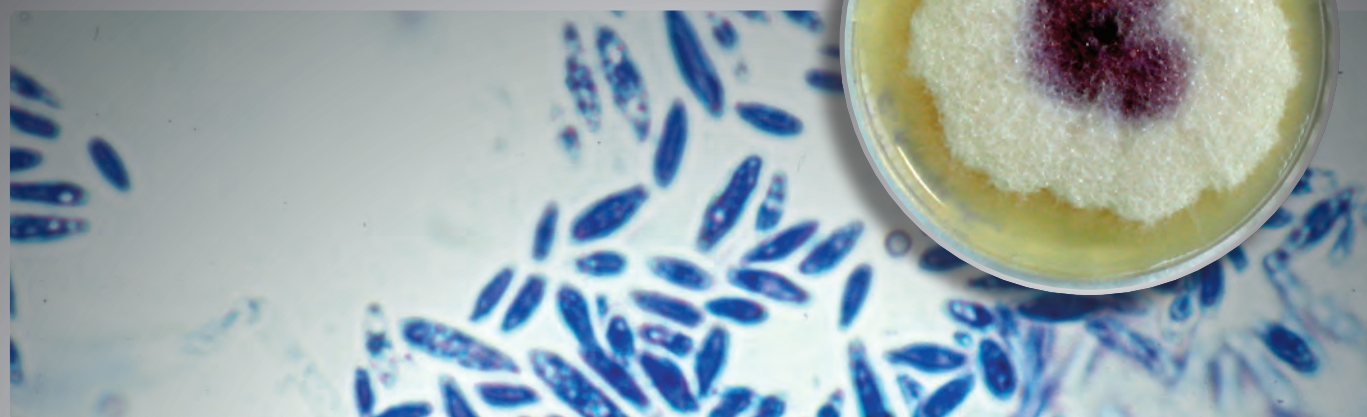
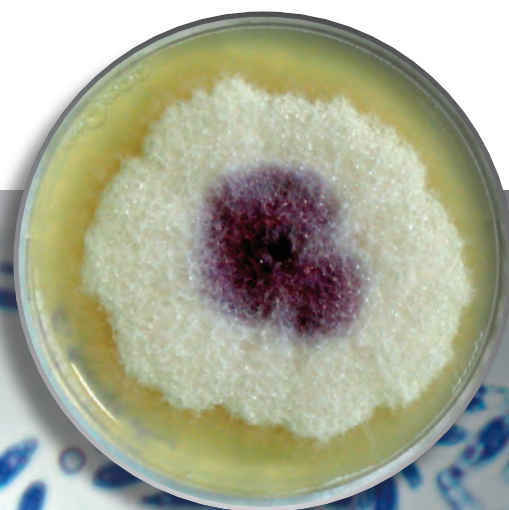
Références scientifiques

Bosch-Bouju C., Larrieu T., Linders L., Manzoni O. J. et Layé S. (2016): Endocannabinoid-mediated plasticity in the nucleus accumbens controls vulnerability to anxiety after social defeat stress, *Cell Reports*, doi :10.1016/j.celrep.2016.06.082

Lafourcade M., Larrieu T., Mato S., Duffaud A., Sepers M., Matias I., De Smedt-Peyrusse V., Labrousse V. F., Bretillon L., Matute C., Rodríguez-Puertas R., Layé S., Manzoni O. J., (2011) Nutritional omega-3 deficiency abolishes endocannabinoid-mediated neuronal functions, *Nature Neuroscience*, 14, 345–350, doi:10.1038/nn.2736

Contact

• Sophie Layé / Directrice de recherche : 05 57 57 92 18 - sophie.laye@inra.fr
Unité mixte de recherche Nutrition et neurobiologie intégrée (UMR NUTRINEURO / Inra - université de Bordeaux - Bordeaux INP)



Des bactéries et des levures pour dégrader les mycotoxines dans les grains de maïs

Les mycotoxines, toxines produites par des champignons microscopiques, sont à l'origine d'intoxications parfois sévères suite à la consommation d'aliments contaminés. En Europe, ce sont leurs effets chroniques qui sont les plus redoutés en raison des habitudes alimentaires et du pouvoir de rémanence de ces toxines souvent résistantes aux températures et aux procédés technologiques mis en œuvre dans l'industrie alimentaire. La présence de mycotoxines soulève aussi un enjeu de sécurité alimentaire en réduisant, du fait de la contamination, le volume de nourriture (céréales, fruits et légumes) globalement disponible à l'échelle mondiale pour l'Homme et l'animal. Des chercheurs de l'Inra, qui analysent ces mycotoxines sur les céréales, ont identifié des agents microbiens, bactéries lactiques et levures issus de l'ensilage de maïs grains humides, susceptibles de métaboliser les fumonisines et donc de réduire le risque sanitaire lié à la présence de ces mycotoxines.

Les mycotoxines suscitent l'inquiétude dans le monde entier en raison des pertes économiques importantes liées à leurs effets sur la productivité animale et végétale, la santé de l'Homme et le commerce international. Les céréales sont particulièrement sensibles aux contaminations en mycotoxines au cours de leur culture et pendant leur stockage. L'identification de procédés biologiques d'atténuation des risques de contamination des aliments en mycotoxines représente donc un enjeu central.

Dans le cadre d'un partenariat avec l'entreprise Lallemand Santé Animale, l'Unité de recherche Mycologie et Sécurité des Aliments (MycSA) a étudié le devenir des fumonisines, mycotoxines majeures produites par certains champignons du genre *Fusarium*, dans des ensilages de maïs grain humide, en traquant les formes libres et masquées de ces molécules. Dans la plupart des cas analysés, la dégradation d'une proportion significative des fumonisines a été mise en évidence. Des bactéries lactiques et des levures exprimant *in vitro* une aptitude à métaboliser la fumonisine B1 ont pu être isolées de ces ensilages qui s'avèrent constituer une source intéressante de microorganismes anti-mycotoxines.

L'effet bénéfique de l'ensilage de maïs grain humide sur la teneur finale en mycotoxines est un argument en faveur du développement de cette méthode de stockage, au-delà des aspects pratiques et de qualité nutritionnelle pour l'alimentation animale. L'utilisation d'inoculants d'ensilages contenant les souches sélectionnées pour leur activité de dégradation des mycotoxines est envisageable pour atténuer le risque mycotoxique en alimentation animale.

Les chercheurs vont devoir stabiliser le processus biologique conduisant au développement de ces microorganismes actifs pour permettre de garantir un niveau d'efficacité satisfaisant aux acteurs des filières alimentaires.

Référence scientifique

Martinez Tuppia C., Atanasova-Penichon V. Chéreau S., Ferrer N., Marchegay G., Savoie J.M., Richard-Forget F. (2016). Yeast and bacteria from ensiled high moisture maize grains as potential mitigation agents of fumonisin B1. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 97: 2443–2452. DOI 10.1002/jsfa.8058

Contacts

• Florence Forget / Directrice de recherche : 05 57 12 24 83 - florence.forget@inra.fr
• Jean-Michel Savoie / Directeur de recherche : 05 57 12 24 96 - jean-michel.savoie@inra.fr
Unité de recherche Mycologie et Sécurité des Aliments (Inra)
www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/mycsa/



Les variétés de blé dur à paille courte pourraient accumuler plus de cadmium dans leurs grains que les variétés à paille longue

La contamination des écosystèmes et des productions agricoles par le cadmium, élément trace métallique considéré comme cancérigène, constitue un véritable enjeu de santé publique. L'ingestion d'aliments contaminés est la voie la plus courante d'exposition de la population au cadmium. Le blé dur, dont le grain est couramment utilisé en alimentation humaine (semoule, pâtes), est l'une des céréales accumulant le plus de cadmium, avec le riz. Des chercheurs ont analysé la variabilité intraspécifique d'accumulation du cadmium chez cette espèce. Leur travail souligne que la concentration en cadmium du grain peut varier d'un facteur 2 à 3 selon la variété et que la répartition de biomasse entre organes aériens peut influencer la concentration en cadmium du grain. Ils suggèrent que la sélection variétale, qui tend à réduire la hauteur des pailles, pourrait favoriser la contamination en cadmium des grains chez le blé dur.

Le cadmium est un élément toxique généralement présent à l'état de trace dans l'environnement. Il est absorbé par les plantes cultivées et se localise notamment dans les organes consommés. C'est pourquoi sa teneur dans les principaux produits alimentaires est strictement réglementée (règlement CE1881/2006). Pour le blé, le seuil réglementaire est de 0,2 µg/g de matière brute et pourrait être abaissé à 0,1 µg/g car les produits céréaliers sont très largement consommés. Le blé dur accumule naturellement le cadmium de manière plus importante que le blé tendre. Et une nouvelle réglementation fixant le seuil à 0,1 µg/g exclurait de la commercialisation une part significative (> 20 %) de la production française actuelle. Une réponse à cette situation de tension sur la filière blé dur consiste à cultiver des variétés peu accumulatrices de cadmium. Cependant, cette option nécessite au préalable d'évaluer la différence inter-variétale d'accumulation du cadmium dans le grain et d'en comprendre les processus moteurs. Les chercheurs avaient pour objectif de tester dans quelle mesure la répartition de biomasse entre organes aériens était à même d'expliquer les différences d'accumulation de cadmium dans le grain, observées entre cultivars.

Une analyse comparative menée sur huit variétés françaises de blé dur, de hauteur de paille contrastée, a montré que la concentration en cadmium du grain pouvait varier d'un facteur 2 à 3 suivant la variété. Les chercheurs ont constaté que ni le prélèvement racinaire ni la séquestration de cadmium dans les racines n'expliquent majoritairement la variabilité observée d'accumulation du cadmium dans le grain entre cultivars. Celle-ci est davantage liée à la répartition du cadmium entre les organes aériens.

Les chercheurs ont testé si la biomasse des pailles était un paramètre susceptible de moduler le stockage du cadmium dans le grain. L'hypothèse était que les tissus végétatifs transpirants, présents dans les pailles composées des feuilles et des tiges, se comportent comme des « puits » de cadmium en compétition avec les grains lors de leur remplissage. En effet, par la transpiration, les feuilles et les tiges captent une partie du flux xylémien contenant le cadmium en provenance des racines.

Un modèle a été créé à partir de cette hypothèse et souligne que la biomasse des pailles a bien un effet négatif sur la concentration en cadmium du grain. Cela revient à montrer que les variétés de blé dur qui allouent une forte proportion de leur biomasse aérienne aux pailles (donc potentiellement les variétés à paille haute) s'avèrent moins accumulatrices de cadmium. Aussi, la sélection variétale qui tend à réduire la hauteur des pailles pour des raisons de pratiques culturales (résistance à la verse) pourrait favoriser, indirectement, la contamination des grains de blé dur par le cadmium.

Cette expérimentation a été conduite en hydroponie où la fourniture élevée d'eau et d'azote pourrait avoir inhibé la remobilisation du cadmium des feuilles vers les grains. Les chercheurs ont prévu de tester si cette relation entre longueur de paille et accumulation de cadmium dans le grain se confirme en plein champ.

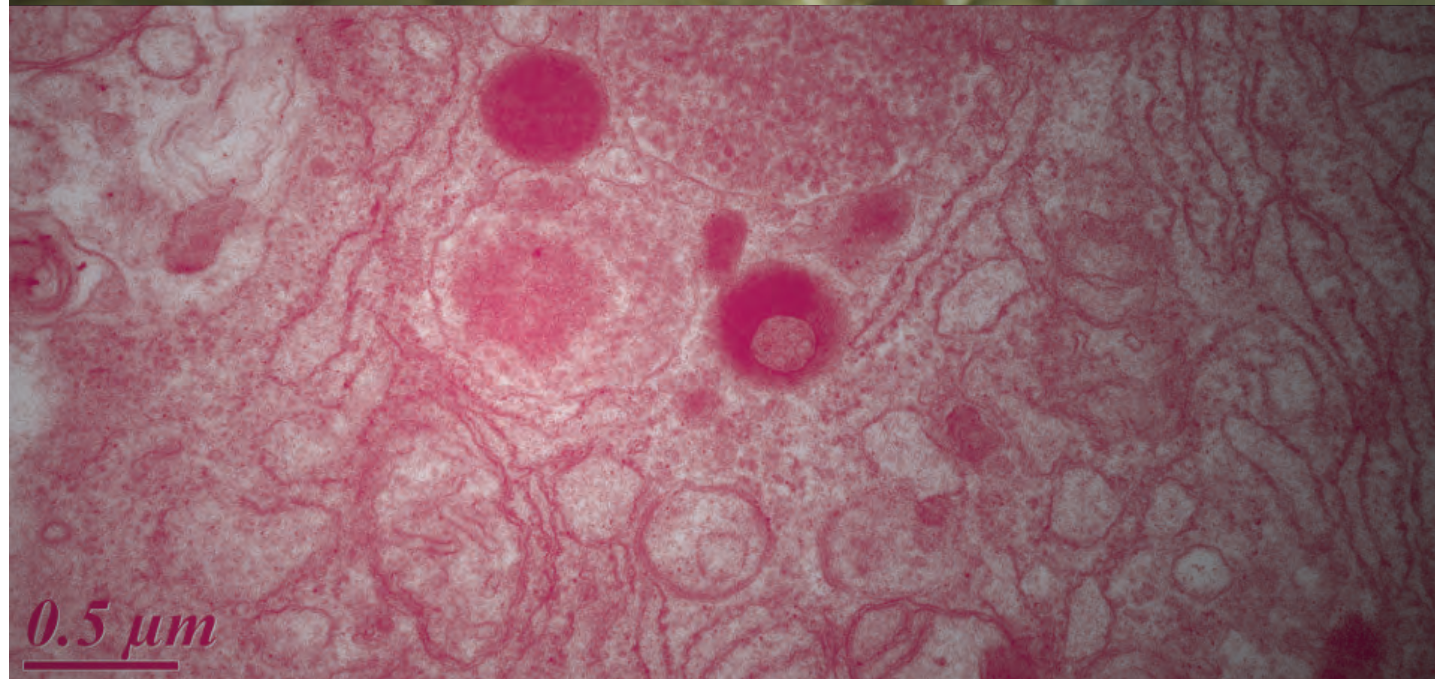
Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet Cadur financé par et en collaboration avec Arvalis-Institut du Végétal.

Référence scientifique

Perrier F, Yan B, Candaup F, Pokrovsky OS, Gourdain E, Meleard B, Bussière S, Coriou C, Robert T, Nguyen C, Cornu JY (2016) Variability in grain cadmium concentration among durum wheat cultivars: impact of aboveground biomass partitioning. *Plant and Soil*, 404, 307-320. DOI: 10.1007/s11104-016-2847-8

Contact

• Jean-Yves Cornu / Chargé de recherche : 05 57 12 25 22 / jean-yves.cornu@inra.fr
Unité mixte de recherche Interactions sol-plante-atmosphère (UMR ISPA / Inra-Bordeaux Sciences Agro).

0.5 μ m

Rôle de l'autophagie dans l'utilisation du glucose chez la truite

L'autophagie - du grec « auto » (soi-même) et « phagien » (manger) - signifie littéralement se manger soi-même. Ce terme désigne un mécanisme permettant à la cellule de digérer une partie de son contenu par ses propres lysosomes, les organites cellulaires chargés de dégrader les macromolécules au moyen d'enzymes. Des chercheurs de l'unité mixte de recherche Nutrition, Métabolisme, Aquaculture (UMR NUMEA / Inra - UPPA) de Saint-Pée-sur-Nivelle ont démontré que cette fonction cellulaire joue un rôle déterminant dans le maintien de la glycémie chez la truite et qu'elle pourrait être impliquée dans la faible capacité de celle-ci à utiliser les glucides alimentaires. Ces données constituent une rupture majeure dans la compréhension du contrôle du métabolisme intermédiaire chez cette espèce.

Dans un contexte de raréfaction des ressources marines, l'ambition d'une aquaculture durable conduit à développer une alimentation des poissons d'élevage - généralement nourris de farine de poissons - fondée sur des produits végétaux renouvelables. Toutefois, cette substitution est limitée par la faible utilisation des glucides alimentaires (présents en grande quantité dans les produits végétaux) par les poissons. L'introduction de forts taux de glucides dans leur alimentation induit une hyperglycémie prolongée et une baisse de la croissance, dommageable pour l'éleveur.

Chez la truite, il semblerait que la production endogène de glucose (néoglucogenèse) à partir d'acides aminés joue un rôle majeur dans l'hyperglycémie observée après un repas riche en glucides. Or, il a été récemment démontré que l'autophagie hépatique joue un rôle clé dans le contrôle de la glycémie par la libération d'acides aminés glucoformateurs. Et les chercheurs ont observé, de façon surprenante, une absence d'inhibition de ce processus par la réalimentation chez des poissons nourris avec des régimes riches en glucides. L'hypothèse est donc que l'autophagie jouerait un rôle majeur dans la production endogène de glucose chez les poissons nourris avec des glucides. L'objectif des chercheurs était alors de caractériser les conséquences métaboliques de l'inhibition de l'autophagie chez la truite arc-en-ciel.

Ils ont inhibé l'autophagie chez des truites à jeun par l'injection d'un alcaloïde, la colchicine. Cette inhibition conduit à une baisse importante de la glycémie associée à une inhibition de l'expression des gènes de la néoglucogenèse et une chute du niveau de certains acides aminés dans le foie. Ces résultats suggèrent ainsi que, comme chez la souris, l'autophagie joue un rôle déterminant dans le maintien de la glycémie de la truite en permettant la libération d'acides aminés pour la production de glucose via la néoglucogenèse.

L'ensemble de ces données indique qu'en plus de son rôle dans la fourniture d'acides aminés pour la néoglucogenèse, l'autophagie pourrait également exercer un rôle majeur dans la régulation de l'expression des gènes associés. Il s'agirait là d'une fonction encore inconnue de l'autophagie. Enfin, les truites dont l'autophagie a été inhibée présentaient, des taux élevés de triglycérides et de gouttelettes lipidiques dans le foie. Ces résultats qui s'apparentent aux données publiées à partir de souris dont l'autophagie hépatique a été génétiquement invalidée, démontrent que la fonction métabolique de l'autophagie est conservée entre espèces et soulignent l'importance de considérer cette fonction cellulaire pour la définition de nouvelles stratégies d'alimentation ou d'élevage adaptées aux nouveaux aliments.

Ces travaux se poursuivent afin de vérifier et préciser *in vitro* les mécanismes impliqués dans le lien entre autophagie et expression des gènes de la néoglucogenèse, mais également de déterminer *in vivo* le rôle de l'autophagie dans l'hyperglycémie consécutive au repas observée chez des truites nourries avec des glucides en ayant recours à des inhibiteurs spécifiques de cette fonction cellulaire.

Référence scientifique

Seilliez, I., Belghit, I., Gao, Y., Skiba-Cassy, S., Dias, K., Cluzeaud, M., Rémond, D., Hafnaoui, N., Salin, B., Camougrand, N., Panserat, S. 2015. Looking at the metabolic consequences of the colchicine-based in vivo autophagic flux assay. *Autophagy* 2016,12, 343-356

Contact

• Iban Seilliez / Directeur de recherche : 05 59 51 59 99 - iban.seilliez@inra.fr
Unité mixte de recherche Nutrition, Métabolisme, Aquaculture (UMR NUMEA / Inra-Uni-
versité de Pau et des Pays de l'Adour).





**CO-CONSTRUIRE
L'INNOVATION**





Lancement de la première chaire industrielle en agronomie pour lutter contre les maladies du bois de la vigne

Fournir de nouveaux moyens de compréhension et de lutte contre les maladies du bois de la vigne est l'objectif de la première chaire industrielle dans le domaine agronomique en France. Co-financée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), cette chaire industrielle renforce une collaboration initiée en 2015 entre le leader mondial du cognac Jas Hennessy & Co et l'Unité mixte de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (UMR SAVE Inra - Bordeaux Sciences Agro). Ce programme vise à proposer une stratégie de protection agroécologique du vignoble, intégrant la conception d'itinéraires techniques innovants, le biocontrôle et l'amélioration génétique. La chaire industrielle GTDfree a été officiellement initiée le 2 décembre 2016 sur le centre Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux.

La filière viticole face à une crise sanitaire majeure

Les maladies du bois (MDB) constituent un ensemble de pathologies (esca, dépérissement à Botryosphaeria, eutypiose, etc.) responsables du dépérissement des ceps de vigne. Elles impliquent plusieurs champignons lignicoles qui dégradent progressivement le bois de la vigne et peuvent engendrer, à plus ou moins long terme, la mort complète ou partielle des ceps. Depuis l'arrêt de l'utilisation de l'arsénite de sodium en France en 2001, seule molécule à effet stoppant homologuée et efficace contre l'esca, la profession viticole était dans une impasse technique. De plus, on observe une progression de l'esca dans tous les vignobles depuis la fin des années 1990. En 2014, 13% du vignoble français était considéré improductif du fait des MDB, notamment suite à la progression de l'esca, représentant une perte de production de 2,1 à 3,4 millions d'hectolitres, soit environ un milliard d'euros de préjudice pour les producteurs.

Au sein du vignoble français, le bassin charentais et ses 75 000 hectares principalement plantés en cépage Ugni blanc, figure parmi les plus affectés : les pertes de récolte induites par les MDB y sont estimées à environ 15% du potentiel de production. Or ce vignoble doit répondre à un enjeu spécifique : permettre l'obtention d'eaux de vie charentaise de qualité en quantité suffisante. Pour atteindre cet objectif, le vignoble doit avoir une bonne vigueur et un nombre minimal de ceps improductifs. Dans ce contexte, lutter contre les MDB qui fragilisent les productions constitue un enjeu majeur pour la profession viticole.

Un partenariat au service de l'innovation dans les vignobles

La mobilisation de Jas Hennessy & Co sur les problématiques viticoles ne date pas d'hier comme en témoigne sa forte implication dans l'adaptation du vignoble lors de la crise du phylloxera à la fin du XIXème siècle. A l'occasion de ses 250 ans et dans ce contexte de menace accrue sur les vignobles, elle a de nouveau fait le choix de l'engagement aux côtés de la

viticulture avec la volonté de se mettre au service de l'ensemble de la filière, en complément des programmes institutionnels. Elle a ainsi initié en 2014 un appel à projets inédit doté d'un financement de 600 K€, en vue de fournir de nouveaux moyens de compréhension et de lutte concrets contre les maladies du bois de la vigne. En septembre 2015, l'unité Santé et agroécologie du vignoble (SAVE, Inra-Bordeaux Sciences Agro) a été désignée lauréate.

Puis, en 2016, les deux partenaires ont répondu conjointement à l'appel à projet « chaires industrielles » de l'ANR visant à renforcer l'impact sociétal des recherches ainsi que la compétitivité des filières économiques stratégiques françaises. En juin dernier, l'ANR a sélectionné ce projet qu'elle financera - à hauteur de 1,2 millions d'euros sur la période 2016-2020, conjointement avec Jas Hennessy & Co - pour un coût global de 2,73 millions d'euros. Cette chaire industrielle unique dans le champ de l'agronomie à l'échelle nationale témoigne à la fois de l'enjeu stratégique que représente la lutte contre ces pathologies végétales, et de la nécessité de renforcer une recherche à forte dimension appliquée.

Concevoir une protection agroécologique des vignobles

Le projet de chaire industrielle GTDfree intitulé : « Influence de facteurs environnementaux et de pratiques culturales sur l'expression des maladies du bois et interaction plante-microbiotes », vise à proposer une stratégie de protection agroécologique du vignoble intégrant la conception d'itinéraires techniques innovants, le biocontrôle et l'amélioration génétique. L'ambition est d'apporter à court, moyen et long terme des solutions généralisables au vignoble cognaçais mais également à l'ensemble du vignoble français et international. Trois grands axes structurent le projet :

- analyse et la compréhension de l'influence des facteurs environnementaux dans l'essor des maladies ;
- la composition, la localisation et le fonctionnement des micro-organismes impliqués dans ces maladies ;
- et l'étude de la tolérance de la vigne aux maladies du bois.

Sur la période 2016-2020, ce projet mobilisera un collectif de 25 chercheurs, ingénieurs et techniciens sur des travaux de recherche fondamentale et appliquée, mais également autour d'actions de formation des professionnels et, plus généralement, de transfert scientifique et technique auprès de la filière. Il renforcera le positionnement national et international de l'Inra sur cette thématique confortant le rôle de leader et d'accompagnement de Jas Hennessy & Co auprès de la filière viti-vinicole.

Contacts

- Patrice Rey, Titulaire de la chaire industrielle GTDfree, stratégie et partie scientifique : 05 57 12 26 10 - patrice.rey@inra.fr
 - Pascal Lecomte, Chef du projet, responsable gestion opérationnelle : 05 57 12 26 06 - pascal.lecomte@inra.fr
- Unité mixte de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (UMR SAVE /Inra-Bordeaux Sciences Agro)



Les acteurs recherche-développement de la filière forêt-bois renouvellent leur partenariat pour concevoir le futur du pin maritime en Nouvelle-Aquitaine

Bruno Lafon, président du Centre régional de la propriété forestière d'Aquitaine (CRPF), Emmanuel de Montbron, président délégué du Centre de productivité forestière d'Aquitaine (CPFA), Georges-Henri Florentin, directeur général de FCBA (Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement), Myriam Legay, chef du département recherche développement et innovation de l'Office national de la Forêt (ONF), et Olivier Le Gall, directeur général délégué aux affaires scientifiques de l'institut national de recherche agronomique (Inra), organismes fondateurs, ont signé une convention de renouvellement du Groupe Pin Maritime du Futur vendredi 18 novembre 2016 à l'hôtel de Région à Bordeaux, en présence de Véronique Borzeix, représentant le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt et de Alain Rousset, président du Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine.

La filière viticole face à une crise sanitaire majeure

Cet engagement commun au bénéfice de la filière régionale est structuré autour de deux grands enjeux, qui allient considérations fondamentales et opérationnelles :

1. renforcer les actions sur les différents facteurs de risque qui se sont exprimés ces dernières années avec une force inégalée : études relatives aux pathogènes et ravageurs ; évaluation de l'impact du déficit hydrique estival et de l'effet des vents.
2. soutenir la production, selon deux voies : le soutien à la productivité par les innovations sylvicoles et par le gain génétique (sélection variétale).

Le pin maritime est une ressource essentielle pour la région Nouvelle-Aquitaine et plus largement à l'échelle nationale : couvrant seulement 10% de la surface forestière française, il fournit un quart de la production nationale de bois, transformée par les industries locales. Or, les besoins et usages du bois s'accroissent et imposent aux filières de renforcer leur capacité d'innovation pour maintenir leur compétitivité. Dès 1995, les principaux acteurs régionaux de la recherche et du développement de la filière forêt-bois décidèrent de créer un Groupement d'intérêt scientifique, le Groupe Pin Maritime du Futur (GPMF). Ce vendredi 18 novembre 2016, l'ensemble des acteurs, qui ont célébré 20 ans de progrès, se tournent résolument vers l'avenir et s'engagent collectivement autour de nouvelles perspectives pour assurer au pin maritime, ainsi qu'aux filières et territoires qu'il anime, un destin prometteur.



Le pin maritime, une espèce emblématique en Nouvelle-Aquitaine

Malgré la perte de près de la moitié du volume sur pied sur le massif landais suite aux tempêtes de 1999 et 2009, le pin maritime demeure une essence majeure en France et en Europe du Sud. Avant la tempête de 1999, le pin maritime occupait plus de 1,1 million d'hectares et sa récolte s'est élevée jusqu'à 9 millions de mètres cubes par an. Cette essence demeure la mieux adaptée aux sols sableux et pauvres du massif landais, et elle verra probablement son aire s'étendre vers le nord dans le contexte du réchauffement climatique. Le pin maritime représente la première essence de reboisement, avec plus de 45 millions de plants produits annuellement, tous issus de variétés améliorées créées par les acteurs du GPMF.

Le Groupe Pin Maritime du Futur, un catalyseur de collaborations et d'innovations

Dans un contexte de risques accrus et de changements globaux (environnementaux, sanitaires et économiques) qui menacent les forêts, le Groupe Pin Maritime du Futur, créé en 1995, a pour objectif de contribuer à l'adaptation du système de production du pin maritime. En alliant les connaissances sur les ressources génétiques, sur le fonctionnement de l'écosystème et sur l'effet des pratiques sylvicoles, il propose des variétés améliorées de pin maritime, teste des scénarios sylvicoles et diffuse des recommandations auprès des professionnels de la filière. Les nouvelles variétés visent à allier gain génétique et maintien des capacités d'adaptation, en bénéficiant des dernières avancées technologiques. Les programmes d'actions couplant génétique et sylviculture visent à améliorer l'adaptation du système de production face à différents aléas sanitaires ou environnementaux. Les sylvicultures étudiées et modélisées par le GPMF explorent des itinéraires diversifiés et plus modulables pour être en phase avec l'évolution des écosystèmes et les besoins de l'industrie.

Contact

• Patrick Pastuszka / Ingénieur de recherche : 05 35 38 52 64 - patrick.pastuszka@inra.fr
Unité Expérimentale Forêt Pierroton.

**Contact**

• Nathalie Ollat / Ingénieur de recherche : 05 57 57 59 30 - nathalie.ollat@inra.fr
UMR Écophysiologie et Génétique Fonctionnelle de la Vigne (UMR EGFV / Inra - université de Bordeaux – Bordeaux Sciences Agro).

Composition du groupe de travail prospective LACCAVE

- Nathalie Ollat, Jean-Marc Touzard, Eric Duchêne, Inaki Garcia de Cortazar-Atauri et Éric Giraud-Héraud (INRA),
- Françoise Brugière et Patrick Aigrain (France AgriMer),
- Jacques Gautier (INAO),
- Hervé Hannin (IHEV-Supagro),
- Benjamin Bois (Université de Bourgogne).

Ce Forum a été organisé par l'Inra, en collaboration avec FranceAgriMer et l'INAO, à Château Couhins (Inra-Villenave d'Ormon), en partenariat avec l'Institut des sciences de la vigne et du vin (ISVV), la Région Nouvelle-Aquitaine, le Conseil interprofessionnel du vin de Bordeaux (CIVB) et le CSA-Booster de la KIC Climat.



Forum Prospective : la filière vigne et vin dans le contexte du changement climatique

À quoi ressemblera la filière vigne et vin à l'horizon 2050 ? Comment s'adaptera-t-elle au changement climatique ? Ces questions ont été débattues par quatre-vingts acteurs locaux de la filière le 24 novembre 2016 à Bordeaux. Viticulteurs, négociants, responsables des instances professionnelles, élus régionaux, ingénieurs R&D, scientifiques, ont pu échanger sur quatre stratégies d'adaptation élaborées lors d'une démarche prospective mise en place dans le cadre du projet Inra Laccave. Entre 2012 et 2015, ce projet national a réuni 23 laboratoires français pour étudier les impacts et les stratégies d'adaptation de la filière Vigne et Vin au changement climatique.

Les enjeux et impacts du changement climatique

En un siècle, la température moyenne de l'air a augmenté en France de plus de 1°C degré et pourrait encore s'accroître de 1°C d'ici 2050. Une augmentation supplémentaire de 4°C d'ici la fin du XXI^e siècle est envisageable si les efforts pour limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) ne sont pas suffisants. En parallèle, des modifications du régime des pluies sont probables, même si les tendances sont plus incertaines que pour les températures. L'avancée des stades phénologiques et de la date de vendange, des sécheresses pouvant induire des baisses de rendements, la modification des équilibres sucres/acides, de la composition polyphénolique et du profil aromatique sont les conséquences déjà observées de ces modifications climatiques. Plutôt perçus comme positifs pour l'heure, les impacts attendus à l'avenir sont plus inquiétants. Dans ce contexte, la filière a réagi en travaillant à réduire ses émissions de GES. Mais d'autres leviers d'adaptation techniques, spatiaux, organisationnels et réglementaires sont à étudier et à combiner en raisonnant à différentes échelles.

4 trajectoires d'adaptation au changement climatique

L'exercice proposé a consisté à imaginer des « futurs possibles » sur la base de scénarios et l'analyse de leurs conséquences. La démarche de prospective mise en œuvre s'est appuyée sur un scénario climatique prédéfini (2°C d'augmentation moyenne de température d'ici 2050) avec des conséquences variables dans le Nord et le Sud de la France. Quatre stratégies d'adaptation très contrastées ont été présentées pour accompagner le positionnement stratégique des acteurs. L'exercice a visé à définir des chemins conduisant à ces stratégies en combinant plusieurs hypothèses (leviers techniques, réglementaires, contexte international pour la filière, etc.).

• **Une stratégie conservatrice** où les pratiques et l'organisation évoluent au même rythme qu'actuellement. Les contraintes réglementaires se renforcent. Les acteurs subissent le changement climatique, la production devient aléatoire en quantité et en qualité, le profil des vins évolue. La recherche est peu sollicitée, les surfaces viticoles diminuent. La valorisation reste associée au contenu culturel et paysager.

• **Une stratégie innovante** où l'introduction d'innovations est massive afin de maintenir le vignoble dans les aires géographiques actuelles, ainsi que le profil des vins produits, dans un contexte où les attentes en matière d'environnement et de santé deviennent de plus en plus prégnantes, et où l'espace agricole est réglementé pour réserver les terres les plus fertiles aux productions alimentaires. La recherche est fortement sollicitée. La gouvernance de la filière intègre tous les acteurs concernés.

• **Une stratégie nomade** où les contraintes sur l'alcool et la santé publique conduisent la filière à se concentrer sur la réduction des intrants. En réponse aux nouvelles conditions climatiques et pour conserver le profil actuel des vins, des vignobles sont implantés dans des zones plus favorables (accès à l'eau, altitude, moindre exposition) ou dans des régions plus septentrionales. De nouveaux vignobles sont créés, ce qui questionne le modèle des AOP.

• **Une stratégie libérale**, qui malgré des exigences réglementaires accrues en matières environnementale et sanitaire, autorise les opérateurs individuels à mettre en œuvre les techniques et à planter des vignobles comme, et là où, ils le souhaitent. Ce contexte favorise le négoce et l'apparition de nouveaux investisseurs. Les vins sont plus technologiques. L'accès à la R&D est privatisé et les entreprises de production traditionnelles sont fragilisées.

Quels enjeux et conséquences de ces stratégies pour les acteurs ?

Lors de ce forum, les acteurs ont travaillé en groupes pour envisager les enjeux et conséquences de ces stratégies.

Les acteurs sont bien au fait des techniques à mobiliser pour chacune des stratégies. Quelques innovations moins courantes ont été évoquées comme la culture sous ombrage ou l'artificialisation des conditions de production pour la stratégie nomade. Les inquiétudes concernent l'accès à l'eau, les coûts de revient de la stratégie innovante et la perte de diversité de solutions, si la recherche est privatisée dans la stratégie libérale.

En matière d'attentes sociétales, les débats ont porté sur les circuits courts, l'implication des consommateurs, la cohabitation entre acteurs au sein d'un territoire, la perception de la recherche et de l'innovation par les acteurs et les consommateurs, l'utilisation des OGM, l'uniformisation des goûts, ou encore l'avenir de certaines catégories de producteurs.

Que ce soit en termes de segments de marché, d'acteurs et de territoires, l'AOC paraît favorisée par la stratégie conservatrice. Les trois autres stratégies donneraient plus d'importance aux vins sous marque, d'entrée de gamme et aux grandes structures de négoce. Les stratégies innovantes, nomades et libérales sont perçues comme menaçantes pour les territoires viticoles traditionnels et leurs acteurs locaux avec de faibles capacités d'investissement, au profit des investisseurs, du négoce, des grands groupes privés ou coopératifs. La pépinière française et étrangère semble favorisée par ces trois scénarios. Le rôle des interprofessions et de l'INAO serait renforcé par la stratégie conservatrice.

In fine, les participants ont été amenés à se prononcer à titre indicatif sur les attitudes stratégiques à adopter pour chacune des trajectoires présentées. La grande majorité des acteurs a exprimé une volonté de préparer activement la mise en place de la stratégie innovante. Mais les trois autres stratégies sont possibles pour plus d'un tiers des participants et il apparaît nécessaire de se préparer à leur mise en route.





SCIENCES
EN SOCIÉTÉ





Di@gno-View, l'application smartphone qui sauve vos légumes !

Depuis 2000, l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux est en pointe dans le développement d'applications mobiles en santé végétale destinées aux professionnels et au grand public. Déployée en 2016, Di@gno-View, permet de solliciter une assistance au diagnostic à partir de symptômes photographiés dans les cultures légumières.

Le portail e-phytia (ephytia.inra.fr) développé par l'Inra héberge aujourd'hui plus d'une vingtaine d'applications en santé des plantes permettant d'identifier les maladies de diverses cultures, mais aussi de connaître la biologie des bioagresseurs responsables, et enfin de choisir les méthodes de protection les plus pertinentes, en particulier les méthodes alternatives. Certaines de ces applications ont donné lieu à des versions nomades utilisables sur le terrain et dotées plus récemment d'un module permettant de faire remonter de l'information à des fins d'épidémiosurveillance, de biovigilance, voire de sciences participatives.

Di@gno-View est une application d'un nouveau genre qui a pour objectif de permettre aux techniciens et producteurs de soumettre des photos numériques de symptômes observés sur des plantes malades dans les cultures afin d'obtenir un appui à un diagnostic phytosanitaire.

Cet outil contribue également à mettre en évidence des problématiques atypiques, voire à détecter des bioagresseurs émergents. Ce service de diagnostic est expérimental et gratuit et ne s'applique qu'aux cultures légumières. Il a été pensé et organisé en partenariat entre l'Unité mixte de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (UMR SAVE) et l'unité technique végétale du Laboratoire Départementale d'Analyse de la Gironde (LDA33).

La procédure de demande de diagnostic proposée a été simplifiée au maximum et peut être mise en œuvre soit sur le site e-phytia, soit via un smartphone ou une tablette après avoir téléchargé l'application Di@gno-View, et s'être inscrit.

Une fois identifié, chacun peut renseigner un formulaire permettant de synthétiser rapidement les contextes agronomique et parasitaire de la culture légumière, y associer plusieurs photographies matérialisant la problématique et notamment la nature des symptômes, et envoyer. En retour, un diagnostic ou un avis est transmis par mail aux utilisateurs qui sont originaires de France, des DROM-COM, de l'Afrique du Nord, etc.

Di@gno-view est développée par l'Unité mixte de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (UMR SAVE) et bénéficie du soutien financier de l'Inra.

Contact

• Dominique Blancard / Ingénieur de recherche : 05 57 12 26 08 - dominique.blancard@inra.fr
Unité mixte de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (UMR SAVE / Inra-Bordeaux Sciences Agro).





« Sciences et territoires de l'ignorance » avec le philosophe Mathias Girel

Dans le cadre du cycle de conférences « Sciences en questions » de l'Inra, Mathias Girel, philosophe et maître de conférence à l'École normale supérieure de Paris, a proposé à Bordeaux une conférence où il a exploré le concept d'ignorance et ses multiples implications tant dans la recherche scientifique, qu'en société.

Les travaux de Mathias Girel s'intéressent notamment à des questions d'histoire et de philosophie des sciences qui le conduisent à examiner la production d'ignorance dans des débats autour des sciences et le jeu sur les attitudes (croyance et doute) qui traversent ces mêmes débats. Un courant récent en histoire des sciences a proposé un nouveau regard sur l'ignorance qui vise la connaissance d'une forme particulière de l'ignorance, l'ignorance produite et instrumentalisée. Mathias Girel montre d'abord comment l'ignorance n'est pas que la pure absence de savoir, laquelle représente à la fois la frontière et l'aiguillon de la connaissance. L'ignorance peut aussi être produite par la destruction ou la censure de la connaissance. C'est le domaine du secret. Une deuxième façon de la produire est de noyer la connaissance dans une abondance d'informations contraires et livrées avec l'apparence de l'autorité. C'est l'organisation du doute, qui discrédite la connaissance, la rend inopérante, par exemple, pour nos décisions éthiques et politiques, et en bloque l'accroissement.

Au travers de sa conférence, Mathias Girel interroge directement la place et le rôle de la recherche scientifique et des chercheurs, dans la construction et la défense des savoirs qui ont légitimité à contribuer à l'évolution de nos sociétés en y alimentant et orientant le débat démocratique. Sa réflexion, particulièrement pertinente, vient nourrir les démarches réflexives de l'Inra et de ses partenaires, sur leurs pratiques de recherche et sur l'intégrité qu'ils doivent représenter dans les sociétés modernes saturées d'informations.

L'invité

Mathias GIREL est philosophe, maître de conférences à l'École normale supérieure de Paris, membre de l'USR République des Savoirs et directeur du Centre d'Archives de Philosophie, d'Histoire et d'Édition des Sciences (UMS3610 CAPHES). Il mène des recherches sur le pragmatisme et la philosophie américaine, ainsi que sur diverses thématiques de philosophie des sciences, engageant les questions du doute provoqué, de l'ignorance instrumentalisée et du secret. Traducteur de William James (Essais d'empirisme radical) et de Stanley Cavell (Philosophie des salles obscures), il est l'auteur de publications sur James, Peirce, Emerson et Dewey. Il a récemment coordonné un numéro spécial de l'*European Journal of Pragmatism and American Philosophy* sur les dimensions sociales du doute (5, 2, 2013, «*Pragmatism and the Social Dimension of Doubt: Fresh Perspectives*»). En histoire des sciences, il a publié l'édition française de Robert Proctor, *Golden Holocaust*. La conspiration des industriels du tabac. (Paris : Éditions des Équateurs, 2014, 750p).

Contact

• Brigitte Federspiel / Ingénieur d'étude : 02 40 67 52 26 - brigitte.federspiel@nantes.inra.fr
Inra Pays de la Loire



L'Inra au salon européen de la sylviculture et de l'exploitation forestière - FOREXPO 2016

L'Inra et ses partenaires de l'Équipement d'excellence (EquipEx) Xyloforest ont participé au Salon FOREXPO 2016 dédié aux innovations de la sylviculture et de l'exploitation forestière, autour d'un stand axé sur les recherches, innovations et formations forêt-bois.

La région Nouvelle-Aquitaine est la première région de forêts cultivées de France et d'Europe. Présentes sur 34% de son territoire (soit 2,8 millions d'hectares) elles constituent une ressource biologique et naturelle d'une grande richesse qui façonne ses paysages. Sources de biodiversité, elles contribuent au bon fonctionnement écologique et au développement durable des territoires. Les forêts sont également une ressource économique qui génère des services variés (récréatifs, atténuation du changement climatique, protection des eaux, etc.), des produits et des emplois nombreux, des pépiniéristes aux sylviculteurs et aux différents acteurs de la transformation du bois (sciages, emballages, panneaux, meubles, etc.).

Aujourd'hui, grâce à des innovations technologiques, de nouveaux usages du bois sont imaginés et se diffusent pour la construction durable en bois, la chimie verte ou la production d'énergie. Mais les forêts, source de biodiversité, sont une ressource fragile qui doit être préservée et gérée, afin de garantir sa régénération, dans un contexte de changement climatique.

L'Inra et ses partenaires (université de Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, Université de Pau et des Pays de l'Adour, École Supérieure du Bois) de la plateforme de recherche-innovation-formation XYLOFOREST sont mobilisés avec les professionnels sur l'ensemble de ces enjeux, du laboratoire à la parcelle forestière. Les travaux en écologie visent à mieux comprendre la biodiversité forestière et son rôle pour la santé des forêts, les recherches en génétique et en sylviculture permettent d'anticiper les adaptations possibles des forêts au changement climatique et, enfin, les recherches en partenariat sur le bois sont source de création de nouveaux matériaux et usages de la biomasse forestière.

Le stand proposait 5 espaces sur lesquels chercheurs, ingénieurs et techniciens ont accompagné le public dans la découverte des recherches et innovations ainsi que des formations aux métiers de la filière :

- animation « À la découverte de la biodiversité forestière »
- exposition « L'arbre (re)source d'innovations » pour découvrir les recherches et les innovations développées par les chercheurs, et ce qu'elles vont changer dans notre quotidien
- animation « L'observation du fonctionnement des écosystèmes forestiers : la plateforme Xylosylve & le réseau ICOS »
- animation « Nouveaux matériaux & nouveaux usages du bois »
- information « Se former et travailler dans les métiers de la forêt et du bois »

Contact

• Patrick Pastuszka / Ingénieur de recherche : 05 35 38 52 64 - patrick.pastuszka@inra.fr
Unité Expérimentale Forêt Pierroton



L'Inra fête les sciences à Ciboure

Pour célébrer la Fête de la Science, le laboratoire Ecologie Comportementale et Biologie des populations de Poissons (ECO-BIOP) a animé 4 ateliers au village des sciences de Ciboure le 15 octobre 2016, au bord de la Nivelle. L'occasion pour le public de partir à la découverte des poissons migrateurs.

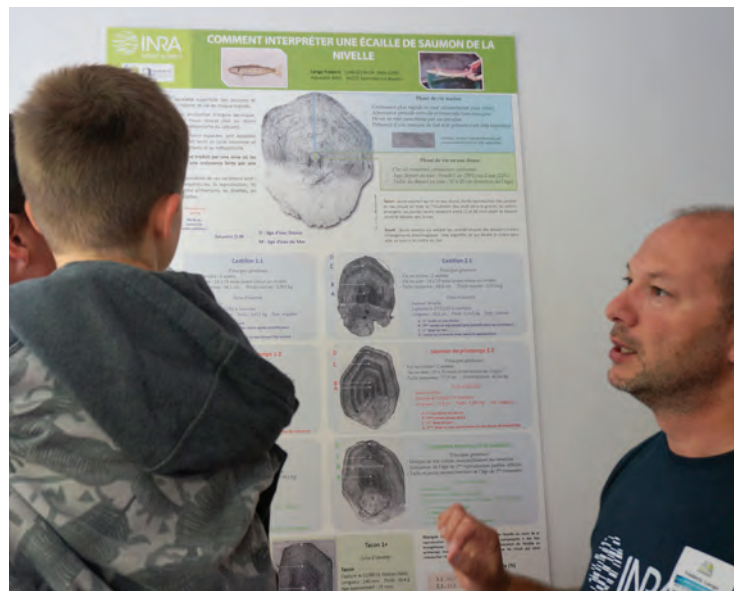
Huit membres du laboratoire ont contribué à l'animation des quatre ateliers ludiques et interactifs proposés au public.

- L'atelier « Mais quel âge a ce poisson et où est-il allé ? ». En observant les otolithes, le public a découvert toutes les informations que l'on peut obtenir pour retracer la vie et le parcours géographique d'un poisson.
- L'atelier « Sauras-tu retrouver mes parents et mon lieu de naissance ? ». Au travers de deux jeux, le public a pu comprendre comment la génétique nous aide à analyser le fonctionnement des populations de poissons migrateurs.
- L'atelier « Que mange le poisson que je mange ? » a proposé d'observer différentes espèces d'invertébrés, nourriture des poissons étudiés par le laboratoire.
- Afin de comprendre le régime alimentaire des poissons, un jeu a permis au public de mettre sa main dans l'estomac d'un faux poisson. En récoltant différents morceaux d'images, le joueur devinait ce que le poisson a mangé en attribuant tous les morceaux d'images à des invertébrés.
- Enfin, le public a pu également jouer à un jeu vidéo dans lequel les poissons doivent manger des invertébrés. Selon l'environnement dans lequel se trouve le poisson, sa stratégie pour se nourrir sera avantageuse ou non. Ce jeu reflétait l'étude du comportement des poissons en fonction de leur environnement.

Tout au long de la journée, des centaines de familles et promeneurs curieux ont afflué et apprécié les stands présentant de façon ludique et pédagogique la vie des poissons migrateurs peuplant la Nivelle, fleuve qu'ils côtoient au quotidien près de leur lieu d'habitation ou de travail.

Contact

• Aurélie Manicki / 05 57 12 23 61 - aurelie.manicki@inra.fr
Écologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons (UMR ECOBIOP / Inra-Université de Pau et des Pays de l'Adour)





HOMMAGES & DISTINCTIONS





- le projet et l'édification de l'institut de biologie végétale moléculaire (IBVM) ;
- la fédération des forces de recherche dans le domaine de la vigne et du vin au sein de l'Institut des sciences de la vigne et du vin (ISVV), fruit des premiers échanges avec son ami Denis Dubourdieu, projet soutenu par le président de la Région Aquitaine, M. Alain Rousset ;
- il fut l'un des 8 membres fondateurs de l'Organisation Internationale de Mycoplasmatologie créée en 1976, et qui tiendra cet été son 21^e congrès international à Brisbane en Australie.

Homme de science, Joseph-Marie Bové était également homme de terrain, et ne concevait pas le travail de recherche sans allers et retours constants entre le laboratoire et le verger. Voyageur infatigable, il parcourut toute la planète, du moins tous les lieux de culture des agrumes à la rencontre des producteurs et des chercheurs. Il avait notamment lié un partenariat très proche avec Fundecitrus, une fondation regroupant les agrumiculteurs de l'état de Sao Paulo au Brésil. Cette activité d'expertise, à l'échelle mondiale, est celle qu'il prolongea le plus avant, notamment en tant qu'expert de l'Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Ainsi, il avait été sollicité très récemment pour donner son avis d'expert sur l'épidémie de *Xylella fastidiosa* qui affecte les oliveraies dans le sud de l'Italie. C'est à l'ensemble de ce parcours singulier et exceptionnel, mais surtout à l'homme, et au collègue, que la communauté scientifique rend hommage. Ses travaux scientifiques et sa vision innovante de la recherche continuent, par leur créativité et leur inventivité, d'irriguer aujourd'hui l'écosystème de recherche bordelais et contribuent à son rayonnement international.



Hommage à M. Joseph-Marie Bové

Joseph-Marie Bové est décédé à l'âge de 87 ans le 2 juin 2016. Scientifique de grand talent, internationalement reconnu, il fut également un administrateur particulièrement innovant de la recherche au bénéfice de la connaissance et de l'innovation. L'Inra et l'université de Bordeaux rendent un hommage commun et ému à ce spécialiste des maladies végétales.

Joseph-Marie Bové est né au Luxembourg le 5 mai 1929, de parents horticulteurs et fleuristes. Après un déménagement en 1940 à Bordeaux, où sa famille possède une propriété, il y réalise l'ensemble de ses études secondaires au Lycée Michel Montaigne et y prépare le concours d'entrée à l'Institut National Agronomique de Paris (Agro Paris). Ayant passé avec succès ce dernier, il débute ses études supérieures en 1950 à l'Agro Paris, tout en complétant son apprentissage à l'Université de Paris-Sorbonne, jusqu'en 1955. Au travers de ses études, il s'oriente déjà vers la section de physico-chimie et les pathologies végétales, en vue de s'épanouir dans une potentielle carrière scientifique.

À la sortie de son diplôme, Joseph-Marie Bové intègre l'Institut des fruits et agrumes coloniaux (IFAC). En 1956, conscient que la France a pris un retard certain dans le domaine de la biologie végétale, il s'envole pour les États-Unis à Berkeley en Californie, accompagné de son épouse Colette, et de leur jeune fils José. Cette nouvelle étape professionnelle est rendue possible par le soutien du directeur de l'IFAC qui permet au couple Bové d'obtenir deux bourses du ministère des Affaires étrangères. Fort de ce nouveau contexte scientifique de travail, il y mène notamment des études sur la phosphorylation dans la photosynthèse, au sein du laboratoire du professeur D. Arnon, auprès duquel il demeura jusqu'en 1958. Il travailla également avec d'autres scientifiques de valeur : P.K. Stumpf, W.M. Stanley et R. Steere en 1958-59.

De retour en France, il s'installe à Versailles. Son épouse Colette est son assistante, un rôle qu'elle jouera durant toute sa carrière, en plus, bien entendu, d'organiser la vie de famille. Ses travaux de recherche concernent alors principalement les virus de plantes, en particulier le virus de la mosaïque jaune du navet. En 1967, il soutient une thèse de doctorat ès sciences sous la direction de Georges Morel et de Jacques Monod, qui venait de recevoir le prix Nobel de médecine en 1965 pour la régulation de l'expression des gènes.

Suite à l'obtention de sa thèse, il est nommé Professeur associé à l'université de Nancy (1968-1971). En 1971, la vie de Joseph-Marie Bové connaît une évolution majeure puisqu'il est nommé sur concours directeur de recherche à l'Inra. Il prend alors en charge, sur le site du Pont de la Maye à Villenave d'Ornon, la direction de la station de Physiologie végétale, puis du nouveau laboratoire de Biologie cellulaire et moléculaire. En 1976, il devient professeur de

microbiologie à l'université de Bordeaux 2 et y enseigne la biologie moléculaire des procaryotes et de leurs virus, ainsi que la biologie moléculaire des virus des eucaryotes. Entre 1984 et 1994, il devient le premier président du centre Inra en Aquitaine. Enfin, il est nommé professeur émérite en 1998 de l'université de Bordeaux 2 jusqu'en 2011. Un engagement intellectuel et humain

Joseph-Marie Bové eut une carrière scientifique exceptionnelle. Il serait vain de tenter d'évoquer l'ensemble de ses contributions. Nous pouvons néanmoins tenter de retenir quelques grands jalons de ce parcours singulier.

Joseph-Marie Bové et son laboratoire de biologie cellulaire et moléculaire sont à l'origine directe ou indirecte de découvertes majeures en phytopathologie. Il a co-publié plus de 250 articles scientifiques dans des revues internationales qui ont été citées plus de 9 500 fois (Facteur H de 48). Nous retenons notamment deux contributions essentielles :

- la découverte et la caractérisation moléculaire jusqu'au séquençage de son génome du premier mycoplasme d'origine végétale : *Spiroplasma citri*, l'agent du nanisme (« Stubborn ») des agrumes ;
- la découverte d'autres agents bactériens responsables de maladies redoutables notamment chez les agrumes : *Candidatus Liberibacter spp.* et *Xylella fastidiosa* qui causent respectivement la maladie du dragon jaune (Greening ou huanglong-bing) et la chlorose panachée des agrumes.

Les travaux et l'engagement de Joseph-Marie Bové furent maintes fois salués. Il reçut la médaille d'argent du CNRS en 1971, le prix Dufrenoy de l'Académie d'Agriculture en 1983, dont il était membre depuis 1992. Il fut également membre

correspondant de l'Académie des Sciences depuis 1993, membre de l'Académie Brésilienne des Sciences chevalier du mérite agricole (1972) et officier des palmes académiques (1993). Joseph-Marie Bové fut un professeur d'université remarquable avec des talents d'orateur dont se souviennent ses étudiants. Ses enseignements et sa contribution à la formation par la recherche eurent un impact considérable sur la formation en microbiologie et biologie moléculaire dont bénéficia l'ensemble du site bordelais. Il forma également de nombreux chercheurs qui réalisèrent de brillantes carrières par la suite.

L'exemple du DEA de microbiologie et de biologie moléculaire qu'il créa témoigne de cet engagement ; l'ensemble des étudiants ayant suivi son enseignement reconnaît son érudition et sa passion pour l'enseignement de la virologie notamment.

À travers ses missions d'administration de la recherche, Joseph-Marie Bové développa une vision moderne de la conception et de la conduite des recherches ouvertes et en interaction avec la société. Nous pouvons retenir quelques grands faits marquants :

- le rapprochement précurseur et visionnaire entre l'Université de Bordeaux et l'Inra, aujourd'hui cité comme exemplaire ;





Barry Gardiner, Dr *honoris causa* de l'Université Laval

Barry Gardiner a apporté une contribution significative aux sciences forestières, notamment par la conception d'une approche de recherche innovante du dégât des vents sur les arbres, le chablis. Ses travaux ont été salués le 12 juin 2016 par l'université Laval (Canada) qui lui a attribué le doctorat *honoris causa* en sciences du bois.

Diplômé de physique en 1976 de l'Université de Durham, Barry Gardiner prolongea son cursus pour obtenir son doctorat en sciences de l'atmosphère à l'Université de Manchester en 1983. Après avoir travaillé aux États-Unis, il revint au Royaume-Uni en 1987 afin d'initier des travaux sur la problématique des dommages causés par le vent sur les forêts, au sein du Forest Research en Écosse.

Ses recherches impliquaient des mesures de turbulence au-dessus des forêts, du vent sur les arbres et des flux d'air sur les reliefs. En mobilisant ces données, il développa un modèle de risque permettant de prédire la probabilité de dommages causés par le vent sur les forêts (ForestGALES). Son simulateur de risque a été adapté aux conditions de nombreux pays, dont le Canada, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la France et le Brésil.

De l'analyse de la rupture des troncs d'arbre lors de vents violents, son intérêt et ses recherches glissèrent progressivement vers l'étude des propriétés du bois des arbres cultivés au Royaume-Uni. Il devint le leader d'un programme de recherche sur les propriétés du bois initié en 1999 au Forest Research.



En novembre 2011, il quitta cet Institut de recherche afin de rejoindre l'Inra Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux pour une durée de quatre ans dans le cadre d'un « package scientifique ».

Ses travaux cherchaient à analyser l'impact de la fragmentation du paysage sur les risques liés aux dommages causés par les vents.

En mars 2016, il intégra l'European Forest Institute (EFI) Atlantic pour travailler sur la modélisation des risques abiotiques en forêt, tout en conservant un ancrage à l'Inra, ainsi qu'au Forest Research.

Au cours de sa carrière, il a publié plus de 80 articles scientifiques et chapitres d'ouvrage, édité deux ouvrages et rédigé de nombreux guides techniques dédiés à la filière forestière. Ses travaux ont des impacts très concrets sur les pratiques forestières, notamment au Royaume-Uni autour de son modèle ForestGALES.

+ d'infos

Barry Gardiner est membre de l'unité mixte de recherche Interactions sol plante atmosphère (UMR ISPA / Inra – Bordeaux Sciences Agro) qui s'intéresse à la compréhension et à la modélisation des flux et cycles de matières (C, N, P, K, eau, particules, contaminants) et d'énergie dans les écosystèmes anthropisés, agricoles et forestiers.

www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/ispa



Antoine Kremer investi Docteur *honoris causa* de l'Université polytechnique de Madrid

Antoine Kremer, Directeur de recherche à l'Inra, a reçu le 22 avril 2016 des mains du Recteur M. Carlos Conde, le titre de Docteur *honoris causa* de l'Université polytechnique de Madrid. Cette distinction couronne ses travaux scientifiques sur la diversité génétique des chênes initiés dans les années 1980.

Directeur de recherche à l'unité mixte de recherches Biogeco (Biodiversité, Gènes & Communautés - Inra, université de Bordeaux), Antoine Kremer est un pionnier de la recherche à l'échelle européenne sur la diversité génétique des chênes. Ses travaux, qui articulent des approches en génétique des populations, génétique quantitative et biologie évolutive, ont été valorisés dans plus de 180 articles.

Ses recherches ont été consacrées par l'attribution en 2006 du prix Marcus Wallenberg, le « Nobel de la filière bois » puis du Laurier Inra de l'excellence scientifique en 2011. Enfin, Antoine Kremer est lauréat d'une bourse ERC (European Research Council) « Advanced Grants » attribuée en 2013 pour conduire des travaux scientifiques sur la réponse des arbres au changement climatique.

Cet ingénieur forestier, docteur en génétique quantitative, coordonne depuis 2006 le réseau Evoltree dédié à la compréhension et aux réponses des écosystèmes forestiers aux changements environnementaux ainsi que le Laboratoire d'excellence (LabEx) COTE depuis 2011, un cluster d'équipes de recherche travaillant sur l'évolution, l'adaptation et la gouvernance des écosystèmes continentaux et côtiers.



+ d'infos

Antoine Kremer est Directeur de recherche au sein de l'unité mixte de recherche Biodiversité, gènes et communautés (UMR BIOGECO / Inra - université de Bordeaux) dont le projet scientifique est orienté vers l'analyse des mécanismes régissant l'évolution de la diversité à différents niveaux hiérarchiques (communautés, espèces, populations, gènes) dans une perspective de gestion durable des ressources et des milieux. Les recherches développées ont pour vocation de promouvoir une analyse plus intégrée de la diversité biologique, en considérant les interactions entre espèces, populations et individus comme moteurs de son évolution.

www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/biogeco



Patrick Pastuszka, Laurier de l'Innovation technologique 2016

Lauréat du Laurier de l'Innovation technologique 2016, Patrick Pastuszka, est ingénieur de recherche et directeur de l'unité expérimentale Forêt Pierroton à Cestas du centre Inra Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux. Landais d'adoption, Patrick Pastuszka a fait de l'amélioration variétale du pin maritime une vraie « success story » à l'Inra. Ingénieux de vocation, il a poussé l'unité expérimentale Forêt Pierroton à la pointe des besoins de la filière et de la recherche internationale.

Après 10 années en tant qu'ingénieur au Laboratoire d'amélioration des conifères, Patrick Pastuszka prend la direction de l'unité expérimentale (UE) Forêt Pierroton en 1994. « La forêt landaise fait vivre l'économie de la région. Le pin maritime est une espèce endémique remarquable, qui produit beaucoup dans des conditions difficiles. » Dans sa pépinière, il développe la conception des vergers à graines : « les graines récoltées fournissent aux professionnels le matériel amélioré à planter. Pour chaque génération, on parle de « VF » : « V » pour vigueur, « F » pour forme, respectivement critères de vitesse de croissance et de qualité. » Un travail d'innovation au long cours, aujourd'hui utilisé dans plus de 95 % des reboisements de pin maritime en Aquitaine. « La VF3, en production depuis 2011, sera utilisée pour les besoins des 15 ans à venir. Et nous commençons déjà à installer la première vague de vergers à graines VF4 ». Renforcer le dialogue avec les acteurs de la filière est en effet une de ses préoccupations majeures. Il y a 20 ans, il se lance dans la création du Groupement d'intérêt scientifique « Groupe pin maritime du futur », qu'il continue de présider. À l'origine axé sur la thématique seule de la génétique, il a su fédérer tous les acteurs opérationnels de la Recherche & développement des secteurs public et privé autour du mot « sylviculture ». « Nous collaborons aussi activement avec les chercheurs ». Un programme exemplaire et une grande fierté pour Patrick Pastuszka : « c'est un outil formidable au service de la vulgarisation des recherches pour les professionnels ».



+ d'infos

Patrick Pastuszka est directeur de l'Unité expérimentale Forêt Pierroton, rattachée au département scientifique Écologie des Forêts, Prairies et milieux Aquatiques (EFPA) de l'Inra. Elle déploie des activités scientifiques et techniques pour répondre à des enjeux majeurs en matière de gestion durable de la production forestière, d'adaptation des forêts au changement climatique et d'étude et gestion des ressources génétiques et de la biodiversité.
www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/ue-pierroton

Il en a conscience, pour rester au premier plan des programmes de recherche et de transfert, il faut maintenir les équipements à un haut niveau. Une vision stratégique dans la durée, dont il nourrit la Commission nationale des unités expérimentales (CNUE) de l'Inra qu'il anime depuis 2007. Au fil des ans, ses dispositifs innovants sont devenus équipements d'excellence !

Avec Xylosylve, l'un des six plateaux techniques de l'EquipEx Xyloforest, Patrick Pastuszka pilote un vaste projet sur un site de 40 hectares, dont l'objectif est de mettre au point les systèmes de production sylvicoles de demain. Cette plateforme est également intégrée au programme *Integrated Carbon Observation System* (ICOS), une infrastructure internationale *in situ* de systèmes de mesure en continu des échanges de GES (gaz à effet de serre) entre les écosystèmes terrestres et l'atmosphère.

En 2011, Patrick Pastuszka intègre le projet européen Reinforce, réseau d'arboretum du Portugal à l'Écosse pour suivre la santé et la croissance des espèces d'arbres de la façade atlantique de l'Europe, dans le contexte du changement climatique. Son équipe pilote 5 sites répartis en Nouvelle Aquitaine, chaque arboretum rassemblant 35 essences de feuillus et de résineux, issus de 150 provenances.

À l'image des succès de sa carrière, le Laurier n'a de sens pour lui que s'il est partagé. « Ce qui me fait plaisir, c'est qu'il honore une dynamique collective ». La véritable récompense d'un animateur hors pair, dont la force de cohésion n'a d'égale que son insatiable volonté de dépasser la ligne de but de son terrain d'expérimentation.



Denis Thiéry est lauréat 2016 de la médaille d'Or de l'Académie d'Agriculture de France

Denis Thiéry est directeur de recherche et dirige l'unité mixte de recherche Santé et agroécologie du vignoble (UMR SAVE) du centre Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux. La médaille d'Or 2016 de l'Académie d'Agriculture de France distingue cet entomologiste spécialiste de la protection des cultures, et particulièrement de la vigne, pour l'ensemble de ses travaux de recherche. Denis Thiéry a été récompensé le 5 octobre 2016, lors de la Séance solennelle de rentrée de l'Académie qui s'est tenue au Musée de l'Armée des Invalides à Paris.

De formation initiale en écophysiologie, Denis Thiéry s'est spécialisé dans la communication chimio-sensorielle pendant son post-doctorat au laboratoire d'entomologie de l'Université de Wageningen aux Pays-Bas. Ses travaux sur la physiologie de l'olfaction et les comportements d'orientation des insectes en réponse aux odeurs de plantes font encore référence dans la communauté scientifique.

Denis Thiéry devient chargé de recherche à l'Inra en 1985 et travaille pendant 12 ans sur la communication chimique entre les plantes et les insectes (abeilles et pyrale du maïs) au sein du laboratoire de neurobiologie comparée des invertébrés (LNCI) du centre Inra de Bures-sur-Yvette dirigé par Claudine Masson.

Il rejoint en 1997 le laboratoire Inra dirigé par Jacques Stockel à Bordeaux. Ce laboratoire est reconnu pour ses travaux ayant abouti à la mise au point de la technique de confusion sexuelle comme outil de lutte biologique contre les vers de la grappe. Ses travaux sur les ravageurs de la vigne et la recherche de méthodes alternatives à l'usage d'insecticides lui valent une reconnaissance internationale. En cohérence avec ses activités de recherche, il coordonne le groupe « Insecte » dans le réseau international Protection intégrée du vignoble de l'Organisation internationale de la lutte biologique (IOBC).

En 2007, Denis Thiéry est nommé directeur de l'unité de recherche Santé végétale de l'Inra en Aquitaine qui deviendra Santé et Agroécologie du Vignoble. Il a œuvré à orienter les re-

cherches autour de la thématique de la protection agroécologique de la vigne. L'unité qu'il dirige est alors renommée Santé et Agroécologie du Vignoble (Save). Ses travaux scientifiques portent essentiellement sur les vers de la grappe, particulièrement nuisibles en viticulture européenne et méditerranéenne.

Denis Thiéry mène également des activités de recherche importantes sur le frelon asiatique à pattes jaunes depuis 2006 et son expertise est sollicitée par de nombreux médias. Auteur prolifique, Denis Thiéry compte plus de 250 publications à son actif dont plus de 120 dans des journaux scientifiques internationaux à comité de lecture et dont l'ouvrage « Interactions insectes-plantes » (Edition Quae) qui a reçu le prix Réaumur de la Société Entomologique de France en 2015. Chercheur infatigable, devenu directeur de recherche en 2010, il est impliqué dans de nombreuses expertises pour la société civile, anime des réseaux (IOBC, Institut français de la vigne), organise des congrès et des colloques internationaux tout en continuant sa mission d'enseignement et d'encadrement de doctorants à l'université de Bordeaux et à Bordeaux Sciences Agro.

Il assure depuis 2017 la direction de l'unité mixte de transfert 'Seven' unité conjointe Inra-Institut Français de la vigne.

La médaille d'Or 2016 de l'Académie d'Agriculture de France, qui reconnaît « l'originalité et la qualité de l'ensemble d'une œuvre couronnant une carrière », honore cet acteur de la science fondamentale et agronomique au service d'une agriculture durable et raisonnée.



+ d'infos

Denis Thiéry est directeur de l'Unité mixte de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (UMR SAVE / Inra - Bordeaux Sciences Agro). Rattachée au département scientifique Santé des Plantes et Environnement (SPE) de l'Inra, elle développe des recherches principalement sur l'agrosystème viticole dans le but de comprendre les mécanismes sous-jacents à l'établissement et au développement des maladies et populations d'insectes nuisibles.
www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/sante-agroecologie-vignoble



Lucile Capuron, lauréate de la Fondation pour la recherche médicale

Lucile Capuron, Directrice de recherche Inra à l'unité Nutrilineuro, a vu ses travaux salués en 2016 par la Fondation pour la recherche médicale. Par son soutien, la fondation lui permet d'engager un nouveau projet de recherche international pour étudier la physiopathologie de la dépression.

Cette nomination entre dans le cadre de l'Appel à projet de recherche « Physiopathologie des Maladies Psychiatriques » du programme « Urgences de la Recherche ». Il s'agit d'actions engagées par la Fondation pour la recherche médicale en fonction d'enjeux de santé publique et/ou de besoins de la recherche scientifique. Cet appel à projets a été initié pour encourager les recherches sur les aspects moléculaires, cellulaires et intégrés de la physiopathologie des maladies psychiatriques.

Forte de ce soutien, Lucile Capuron va pouvoir déployer un projet scientifique international associant recherche exploratoire et recherche clinique (recherche translationnelle) et visant à analyser les mécanismes physiopathologiques de la dépression. Les enjeux sont importants, car cette pathologie est susceptible d'affecter, selon l'Inserm, près d'une personne sur cinq au cours de sa vie.

Diverses données de la littérature suggèrent l'implication de mécanismes inflammatoires dans la physiopathologie de la dépression. Les cytokines inflammatoires libérées par les cellules immunes activées ont de puissants effets sur le cerveau et peuvent faciliter l'apparition de troubles dépressifs. Un mécanisme pouvant expliquer cet effet implique l'enzyme indoleamine 2,3-dioxygénase (IDO). Cette enzyme induite par les cytokines dégrade le tryptophane, un acide aminé essentiel apporté par l'alimentation et précurseur de la sérotonine, un neurotransmetteur essentiel au bon fonctionnement du cerveau et au maintien de l'humeur. En outre, l'activation d'IDO entraîne la production de dérivés toxiques pour les neurones, qui peuvent aussi contribuer à des perturbations de l'humeur. L'objectif de ce projet est d'évaluer le rôle d'IDO dans la physiopathologie de la dépression et sa réponse au traitement antidépresseur chez des patients dépressifs en fonction de leur statut inflammatoire et dans des modèles animaux de dépression. Ce projet, qui a débuté en 2016 pour une durée de trois ans, est financé à hauteur de 250 000€.



+ d'infos

Lucile Capuron est directrice de recherche au sein de l'unité mixte de recherche Nutrition et Neurobiologie Intégrée (UMR NutriNeuro / Inra - université de Bordeaux-Bordeaux INP), dont les travaux visent à comprendre les relations entre la nutrition et les fonctions cérébrales, afin de définir une nutrition protectrice vis-à-vis du développement des altérations des composantes cognitive et émotionnelle de l'état de bien-être.
www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/nutrilineuro



Du laboratoire à la gestion forestière, Alexis Ducouso est un sylviculteur qui innove

Alexis Ducouso, Ingénieur de recherches à l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux et sylviculteur sur ses terres familiales en Picardie, a reçu le 15 avril 2016 le prix du « Sylviculteur de l'année » dans la catégorie « innovation » décerné par le Forum Forêt.

Ainsi, sa propriété fait figure de vitrine de la recherche-développement et compte, aujourd'hui, cinq expérimentations du Centre régional de la propriété forestière (CRPF) et une de l'IRSTEA. A la demande du CRPF, cette propriété va devenir une forêt pilote.

Le concours du sylviculteur a été initié en 2016 par le Forum Forêt. Il récompense 4 sylviculteurs pour leur action en faveur des bonnes pratiques dans les catégories « Innovation », « Jeunesse », « Mobilisation du Bois » et « Social ». Les prix ont été remis le vendredi 15 avril 2016 à la maison de la Chimie à Paris dans le cadre de la journée « Forêt - Bois et climat : Quelles solutions pour demain ? ».

Au travers de ce prix, Alexis Ducouso (UMR BIOGECO - Inra - université de Bordeaux) voit récompensés la mise en pratique sur le terrain de ses recherches conduites au laboratoire, mais aussi son travail de partage des savoirs. Alexis Ducouso, docteur en biologie et génétique des populations végétales et ingénieur de recherche à l'Inra Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux, gère une propriété forestière familiale de 68 ha en Picardie. Ce domaine lui permet de développer des innovations dans quatre domaines :

- la restauration de peuplements forestiers en développant une sylviculture fondée sur tous les mécanismes écologiques afin de réduire les coûts de cette conversion ;
- l'adaptation aux changements climatiques en dynamisant la sylviculture, en diversifiant les peuplements et en pratiquant la migration assistée au niveau des espèces ;
- la mesure de la biodiversité (Indice de Biodiversité Potentielle) et sa prise en compte comme un facteur de production important ;
- afin de réduire le problème de l'équilibre sylvocynégétique, qui permet une régénération naturelle de la forêt, un dialogue a été noué avec les représentants des chasseurs et des propriétaires forestiers avec la mise en place d'un inventaire chevreuil et une sylviculture qui améliore les capacités d'accueil de la forêt.



+ d'infos

Alexis Ducouso est ingénieur de recherche au sein de l'unité mixte de recherche Biodiversité, gènes et communautés (UMR BIOGECO / Inra - université de Bordeaux) dont le projet scientifique est orienté vers l'analyse des mécanismes régissant l'évolution de la diversité à différents niveaux hiérarchiques (communautés, espèces, populations, gènes) dans une perspective de gestion durable des ressources et des milieux. Les recherches développées ont pour vocation de promouvoir une analyse plus intégrée de la diversité biologique, en considérant les interactions entre espèces, populations et individus comme moteurs de son évolution.

www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/biogeco



L'Inra est lauréat du Challenge de la mobilité 2016 de Bordeaux Métropole

Depuis 2012, l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux participe au Challenge de la mobilité organisé par Bordeaux Métropole afin de favoriser les modes de déplacements alternatifs à la voiture individuelle. Fort d'une mobilisation en croissance de ses personnels (+15 à 20% par an), l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux a été lauréat du Challenge de l'édition 2016 dans la catégorie des organisations de plus de 500 employés. Un prix lui a été remis le 8 novembre 2016.

Depuis plusieurs années, l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux déploie un ensemble d'actions en matière de développement durable qui vise à réduire l'impact environnemental global de ses activités scientifiques, mais aussi de fonctionnement. Les mobilités domicile-travail sont au cœur des réflexions en vue de limiter cet impact, et sont notamment formalisées dans le plan de déplacement d'administration (PDA). La participation au Challenge de la mobilité représente un moyen clé pour l'Inra de sensibiliser et de mobiliser ses personnels dans le cadre d'un projet partagé, par les acteurs privés et publics, à l'échelle de la métropole bordelaise.

En 2016, l'Inra Nouvelle-Aquitaine - Bordeaux a participé pour la quatrième fois au Challenge de la mobilité et, fort de la mobilisation de plus de 34% de ses personnels sur la métropole, a été désigné lauréat dans la catégorie des organisations de plus de 500 employés. Ce sont donc 187 agents qui se sont déplacés le 22 septembre 2016 en utilisant des modes de déplacement alternatifs à la voiture solo et ont parcouru un total cumulé de 4 692 km. Une enquête récente a permis de déterminer les usages en matière de déplacement alternatif : transports en commun (12% des agents les utilisent quotidiennement), vélo (11%), covoiturage (10%), la marche et l'utilisation de véhicules propres (électriques, hybride, GPL et éthanol, demeurent très marginales (respectivement 2% et 1%). La voiture solo thermique (diesel et essence), qui représente encore 64% des déplacements, voit sa part diminuer chaque année ce qui est un signe très positif de l'évolution des pratiques.

Ce succès résulte d'une mobilisation sur la durée de l'Institut sur cette question, mais surtout d'une exemplarité des personnels ainsi que des ambassadrices et ambassadeurs de la mobilité qui en ont favorisé l'engagement.

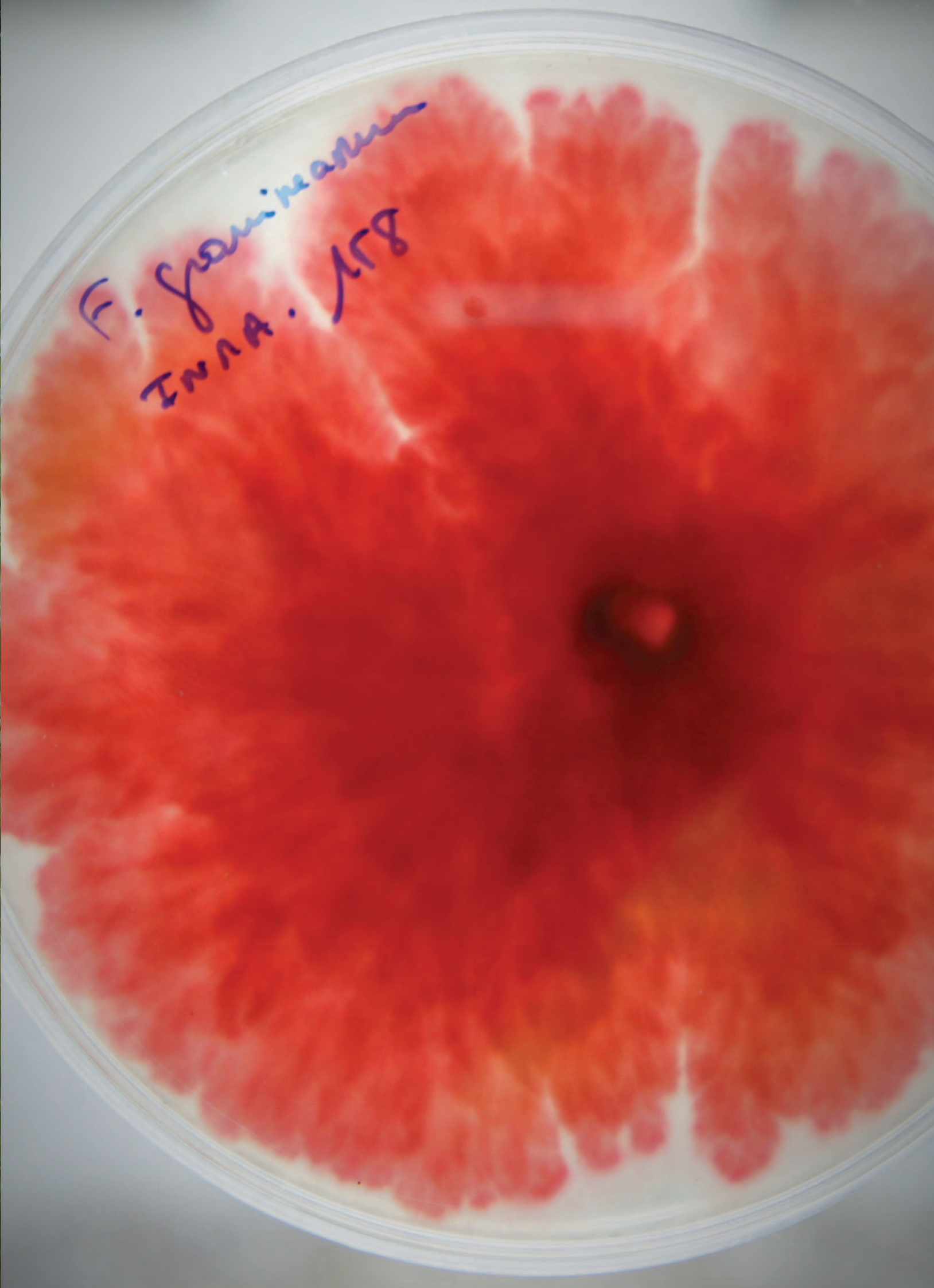
Contact

• Frédéric Laigret / Chargé de mission développement durable : 05 57 12 24 55 - frederic.laigret@inra.fr - Inra Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux





F. fraxinellus
TNA. 158





INRA
Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux
71, avenue Edouard Bourlaux
CS 20032
33882 Villenave d'Ornon Cedex
France

Tél. : + 33(0) 5 57 12 23 00
Fax : + 33(0) 5 57 12 26 44
www.bordeaux.inra.fr
@Inra_BdxAqui

