

# 2017

Rapport  
d'activité





Rapport  
**d'activité**





## MOT DU PRÉSIDENT

Par Philippe Mauguin, PDG

P. 06

## PANORAMA

Les dates clés de l'année 2017

P. 08

# 01

## DES AGRICULTURES DIVERSES ET MULTI-PERFORMANTES

#MULTIPERF

P. 12

# 02

## LES SYSTÈMES AGRICOLES ET FORESTIERS FACE AU DÉFI CLIMATIQUE

#CLIMATE

P. 30

# 03

## UNE ALIMENTATION SAINES ET DURABLE

#FOOD

P. 36

# 04

## DES BIORESSOURCES AUX USAGES COMPLÉMENTAIRES

#BIORES

P. 48

# 05

## UNE AMBITION GLOBALE : LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

#GLOBAL

P. 56

# 06

## UNE SCIENCE OUVERTE GRÂCE AU NUMÉRIQUE

#OPENSOURCE

P. 62

# 07

## UN ACTEUR NATIONAL DE L'INNOVATION OUVERTE DANS LES TERRITOIRES

#OPENINRA

P. 68

# 08

## ANTICIPER ET ACCOMPAGNER LES ÉVOLUTIONS

#SUPPORT

P. 86

## ORGANISATION & CHIFFRES CLÉS

P. 96

## MOT DU PRÉSIDENT

## Production scientifique, innovations, partenariats, appui aux politiques publiques : 2017, une année exceptionnelle pour l'Inra sur tous les plans

Par Philippe Mauguin,  
Président-directeur général de l'Inra

**L'année 2017 a été une année riche pour la science et l'innovation.** La croissance des publications s'est maintenue, après le record de l'année 2016, à un rythme de 3% par an en moyenne. Cette année a été jalonnée d'avancées notoires sur le plan des connaissances fondamentales, qu'elles touchent à l'organisation, l'évolution et la plasticité des génomes des organismes vivants, aux processus impliqués dans le développement et le comportement des agents pathogènes et des ravageurs des cultures et des animaux ou à l'impact de certains composés alimentaires sur la santé humaine... 2017 a été également une année clé pour l'innovation avec 43 brevets déposés contre 33 en 2016 et 167 Déclarations d'Inventions et de Résultats Valorisables (95 en 2016), notamment dans les domaines de la santé animale et des biotechnologies blanches, mais également avec l'inscription au catalogue de variétés de vigne résistantes au mildiou et à l'oïdium.

**Nos partenariats avec les acteurs socio-économiques, la société civile et l'enseignement supérieur se sont renforcés en 2017.** 373 nouveaux contrats ont été signés avec des acteurs socio-économiques. Ces résultats témoignent de la vitalité des partenariats noués par les chercheurs, ingénieurs et techniciens de l'Inra avec les partenaires professionnels des secteurs agricole, alimentaire, forestier et de l'environnement, attestée également par la participation de l'Inra à 9 projets de Territoires d'Innovation de Grandes Ambitions (TIGA) retenus début 2018 dans le cadre du PIA3, notamment dans les domaines de l'élevage, de la forêt, de la viticulture et de l'agro-écologie.

En signant la charte des sciences participatives, l'Inra s'est également engagé à amplifier ses partenariats avec la société civile. Le projet CiTIQUE, qui associe citoyens et chercheurs, en illustre l'intérêt : initié en 2017, il permettra d'accélérer l'effort de recherche dans la lutte contre la maladie de Lyme et les autres maladies à tiques par une collecte massive d'informations sur les tiques à l'échelle du territoire.

Enfin, l'Inra a renforcé son partenariat avec l'enseignement supérieur par son implication dans 6 Idex et 6 Isites ; il participe aujourd'hui à 6 écoles universitaires de recherche créées en 2017.

**2017 a également été marquée par une mobilisation remarquable de l'Inra dans le champ de l'appui aux politiques publiques,** sur des sujets majeurs comme les alternatives aux pesticides, le bien-être animal et plus globalement sur l'évolution vers des systèmes agricoles et alimentaires durables et adaptés aux attentes de la société. L'Inra a occupé une place centrale dans le débat public ouvert dans le pays par le Président de la République sur l'avenir de l'agriculture et de l'alimentation, en participant activement aux États Généraux de l'Alimentation, dans les ateliers nationaux comme dans les débats en région et en co-présidant l'atelier transversal consacré à la préparation de l'avenir. Ces États Généraux ont reconnu le rôle central de la recherche et de l'innovation dans la construction de solutions d'avenir pérennes pour nos filières agricoles et alimentaires. L'Inra a pris - et prendra - toute sa place dans la recherche de nouvelles voies pour créer de la valeur et mieux la répartir au profit des agriculteurs, valorisant mieux leurs savoir-faire et leurs pratiques.

**Enfin, 2017 a été une année importante pour la préparation de l'avenir.** Pour maintenir une place de premier plan dans le concert mondial de la recherche agronomique, il faut non seulement disposer d'une stratégie scientifique claire, ce qui est fait depuis 2016 avec l'adoption de notre document d'orientation #Inra2025, mais aussi d'une traduction opérationnelle permettant de guider l'action. Quatre plans d'action ambitieux au service de notre stratégie scientifique ont été lancés en 2017 : renforcement des coopérations avec l'enseignement supérieur, développement de l'innovation, mise en place d'une stratégie de recherche partenariale au niveau mondial, modernisation de la gestion des ressources humaines et de la communication interne. Ces plans d'action font partie des priorités du nouveau Contrat d'Objectifs et de Performance de l'Inra, approuvé par les ministères chargés de la Recherche et de l'Agriculture, que j'ai eu l'honneur de signer début 2018 avec Stéphane Travert et Frédérique Vidal.

**L'ensemble des femmes et des hommes qui font l'Inra - scientifiques, techniciens, étudiants et personnel d'appui à la recherche - se sont mobilisés tout au long de cette année** sur la voie de l'excellence scientifique, de l'innovation et de l'appui au développement durable de notre secteur agricole et alimentaire. Je souhaite que la lecture de ce rapport vous en donne un fidèle et vivant aperçu.

## Janvier

**Lancement du dispositif OSCAR sur la vigne**

Ce dispositif, mis en place dans le cadre d'un partenariat entre l'Inra et l'Institut Français de la Vigne et du Vin, a pour objectif le déploiement et la surveillance des nouvelles variétés de vigne résistantes au mildiou et à l'oïdium notamment créées par l'Inra.

## Février

**Un prix pour l'Inra au Salon de l'agriculture 2017**

Pour la 54<sup>e</sup> édition du Salon international de l'agriculture, le stand de l'Inra « A la découverte des mondes microbiens », remporte le Grand prix du jury des SYRPAWARDS, décerné à l'unanimité pour le design de son stand, son animation, sa pédagogie et sa vulgarisation.



## Mars

**L'Inra renforce son engagement dans les sciences et recherches participatives**

L'Inra signe la Charte des sciences et recherches participatives en France, et participe à la présentation à l'Assemblée Nationale du Livre Blanc « Prendre au sérieux la société de la connaissance » publié par l'Alliss. Une étude sur l'étiquetage des produits alimentaires, co-construite et co-réalisée dans une démarche participative par l'Inra et l'association éco-citoyenne CLCV (Consommation, Logement, Cadre de Vie), propose des recommandations pour améliorer l'information sur les emballages alimentaires.

## Avril

**De nouveaux responsables pour l'Inra**

Jean-François Soussana est nommé vice-président en charge de la politique internationale et Christine Cherbut est nommée directrice générale déléguée aux affaires scientifiques. Fabrice Marty les rejoint comme directeur général délégué chargé de l'appui à la recherche en juin.

## Mai

**Inauguration du laboratoire d'ingénierie cellulaire de l'arbre (Lica) à Orléans**

Philippe Manguin, PDG de l'Inra, inaugure le 19 mai le Lica construit sur le site d'Orléans du Centre Inra Val de Loire. Le Lica, dédié aux recherches de génomique fonctionnelle chez les arbres, est ouvert à la communauté de recherche française et européenne. Les recherches développées au sein de cette plate-forme en milieu confiné permettront d'acquérir des connaissances nouvelles sur les gènes et leurs rôles dans le développement et la croissance de l'arbre, pour mieux exploiter la variabilité génétique naturelle en création variétale.



## Juin

**Colloque européen sur la bioéconomie**

La bioéconomie est à l'ordre du jour de nombreux agendas de politique de recherche et la stratégie nationale en bioéconomie a été publiée par le gouvernement français le 18 janvier 2017. Dans ce contexte, l'Inra et l'Irstea, en association avec les ministères en charge de la Recherche et de l'Agriculture, ont organisé un colloque européen sur la bioéconomie en juin 2017 à Paris. Les 320 participants, couvrant un large éventail de parties prenantes et de disciplines scientifiques, et originaires de nombreux pays (Europe, Burkina Faso, Canada, Colombie, Etats-Unis, Gambie, Géorgie, Guinée, Maroc et Russie) ont proposé de nouvelles orientations de recherche pour entretenir et stimuler l'avancement de la bioéconomie.

<https://colloque.inra.fr/bioeconomy2017>

## Juillet-août

**23<sup>e</sup> controverses de Marciac**

Organisées par la Mission Agrobiosciences-Inra et la communauté de communes Bastides et Vallons du Gers, les controverses de Marciac invitent les agriculteurs, chercheurs, formateurs, étudiants, responsables associatifs et syndicaux, élus et citoyens à réfléchir collectivement et à débattre autour de controverses qui s'exercent dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et des territoires. Le thème de cette 23<sup>e</sup> édition qui s'est déroulée les 28 et 29 juillet : « La nature, la technique et l'homme : la guerre des trois aura-t-elle lieu ? ».

**L'Inra mobilisé aux Etats Généraux de l'Alimentation**

Lancés le 20 juillet 2017, les Etats Généraux de l'Alimentation ont invité les différents acteurs de la société à co-construire l'avenir de l'alimentation et de l'agriculture. L'Inra a participé activement aux 14 ateliers de ces Etats Généraux ainsi qu'aux réunions de travail organisées en région. Philippe Manguin, PDG de l'Inra a co-présidé avec Jean-Pierre Raynaud, vice-président du Conseil Régional Nouvelle-Aquitaine, l'atelier transversal 14 « Préparer l'avenir : quels investissements, quel accompagnement technique, quelle recherche pour une plus grande performance environnementale, sanitaire, sociale et économique ? » qui a livré ses conclusions en décembre.

## Septembre

**L'Inra réaffirme son engagement dans l'agriculture biologique**

Philippe Manguin, PDG de l'Inra réaffirme au salon Tech&Bio l'engagement de l'Institut en recherche pour et sur l'agriculture biologique et annonce que celle-ci fera l'objet en 2018 d'un nouveau métaprogramme de l'Inra.

## Octobre

**Une approche agro-écologique de la production végétale en Guyane**

L'organisation d'un Carrefour de l'Innovation Agromatique, le 23 octobre à Macouria en Guyane, en partenariat avec la DAAF et la Collectivité Territoriale de Guyane a permis de diffuser les résultats récents de la recherche et du développement auprès des producteurs guyanais et des acteurs du monde agricole. Il a également posé les bases d'un réseau amazonien/caribéen sur la transition agro-écologique.

## Novembre

**12<sup>e</sup> cérémonie des Lauriers de l'Inra**

A l'occasion de la 12<sup>e</sup> cérémonie des Lauriers de l'Inra, six lauréats sont récompensés pour leur engagement et leurs résultats dans différents domaines de la recherche agronomique. Stéphane Travert, ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation, Frédérique Vidal, ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et Philippe Manguin, président directeur général de l'Inra ont ouvert la cérémonie qui s'est déroulée à Paris le 20 novembre.



## Décembre

**Approbation du Contrat d'Objectifs et de Performance 2017-2021**

Le conseil d'administration de l'Inra réuni le 14 décembre se prononce en faveur du Contrat d'Objectifs et de Performance (COP) Etat-Inra ainsi que de la participation de l'Inra au projet d'Université Paris-Saclay. Le COP s'inscrit dans les ambitions et priorités définies par le document d'orientation #Inra2025 et décline les principales actions qui seront conduites par l'Institut sur la période 2017-2021. Le plan d'action « innovation » et le plan d'action « ressources humaines et communication interne » sont également présentés aux membres du conseil en séance.







01

## DES AGRICULTURES DIVERSES ET MULTI-PERFORMANTES

#MULTIPERF

Les systèmes alimentaires sont aujourd'hui questionnés non seulement sur leur capacité à nourrir des populations de plus en plus urbaines et à contribuer à l'effort commercial de la France à l'export, mais aussi sur leurs performances environnementales, sociales et sanitaires. Les approches de l'agro-écologie, résolument combinées à des innovations à la fois technologiques et organisationnelles, peuvent apporter des éléments de réponse à cette équation.

>  
L'Unité Expérimentale de  
Gotheron, programmes  
d'expérimentation-recherche  
sur les systèmes de  
production durable en  
arboriculture fruitière  
© Inra - C.MAITRE





## FOCUS

## L'agro-écologie au service de la multi-performance

### Evaluer les services rendus par les écosystèmes agricoles pour mieux les gérer

L'écosystème agricole est configuré et géré par l'agriculteur qui combine, dans ses pratiques de production, processus écologiques et apports d'intrants exogènes. L'un des enjeux forts associés à l'analyse des services rendus par les écosystèmes agricoles est la conception de systèmes de production reposant sur la valorisation de ces services. L'étude EFES-EA (Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques-Ecosystèmes Agricoles) réalisée par l'Inra a évalué finement 14 services écosystémiques que rendent les espaces dédiés à la production agricole, en distinguant les services bénéficiant à l'agriculteur (e.g., pollinisation des espèces cultivées, fourniture d'azote minéral aux cultures) et à la société (e.g., régulation du climat par atténuation des émissions de GES, stockage de carbone). Ces nouvelles connaissances, présentées lors d'un colloque le 24 octobre, devraient permettre, d'une part, de mieux gérer ces écosystèmes et, d'autre part, de baliser les pistes pour réduire l'utilisation d'intrants en agriculture et répondre à des enjeux de société tels que la conservation de la biodiversité ou la limitation des impacts environnementaux. Cette étude s'inscrit dans le programme MAES (*Mapping and Assessment of Ecosystem and their Services*) de l'Union Européenne, lui-même participant à la plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* - IPBES).

Etude : <https://url.inra.fr/2HwpCPG>

### Symbioses entre plantes, champignons et bactéries : des alliances ancestrales

Les plantes sont en interaction constante avec un cortège complexe de microorganismes (le microbiote) dans leurs tissus ou à la surface de leurs organes aériens et souterrains. Certains champignons et bactéries ont ainsi établi des relations mutualistes avec les plantes et stimulent la nutrition de la plante hôte. L'histoire évolutive des symbioses mycorhiziennes et fixatrices d'azote apporte un éclairage original sur les mécanismes moléculaires et cellulaires impliqués dans la colonisation des racines des plantes par les microorganismes, très voisins pour les bactéries et les champignons. Une meilleure compréhension de ces mécanismes et de leur modulation par différents facteurs (génotype de la plante, type de sol, etc.) devrait faciliter l'utilisation du microbiote des plantes dans le cadre d'une agriculture durable, notamment en diminuant l'apport d'engrais azotés et phosphatés dans les agrosystèmes.

Science

DOI: [10.1126/science.aad4501](https://doi.org/10.1126/science.aad4501)

### Les plantes compagnes en association à une culture de rente : un levier pour réduire les intrants

Les plantes de service sont mises en culture sans objectif direct de production, mais elles rendent des services écosystémiques notamment en réduisant l'usage des intrants. Les plantes compagnes sont des plantes de service associées à des cultures pendant tout ou partie de leur cycle. En France, des résultats ex-

périmentaux montrent que l'utilisation de légumineuses gélives (lentille, féverole) semées en même temps que du colza et ne survivant pas à l'hiver permet de réduire la fertilisation de 30 kg N/ha sans perte de rendement. Ces associations sont particulièrement intéressantes en cas de semis précoce du colza sur des parcelles pauvres en azote. Par ailleurs, l'analyse de 34 articles scientifiques couvrant 17 pays a montré que l'utilisation de plantes compagnes diminuait significativement la biomasse d'adventices par rapport à des cultures seules, désherbées ou non. Ces associations permettent également de réduire l'usage d'herbicides et de supprimer un traitement insecticide en automne contre l'altise d'hiver, un coléoptère ravageur du colza.

Field Crops Research

DOI : [10.1016/j.fcr.2017.01.010](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.010) (lien cliquable vers <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.010>)

European Journal of Agronomy

DOI : [10.1016/j.eja.2017.09.006](https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.006) (lien cliquable vers <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.006>)

### L'acidité des sols agricoles français diminue

Les sols non calcaires présentent une tendance naturelle à l'acidification, qui peut être accentuée par des causes d'origine humaine (dépôts atmosphériques azotés et soufrés, fertilisation) ou corrigée par des apports d'amendements neutralisants. Une acidité trop importante peut avoir des conséquences très néfastes sur le maintien des fonctions écosystémiques des sols et leur fertilité. Près de 500 000 résultats d'analyses de terre réunies dans la Base de Données d'Analyses de Terre (BDAT) ont été mobilisés pour étudier l'évolution du pH entre 1996 et 2010 en France. La quasi-totalité des évolutions significatives du pH sont positives et représentent une augmentation annuelle d'environ 0,025 unité pH par an. Cette évolution est probablement due aux effets combinés d'une baisse des dépôts atmosphériques acides et d'une meilleure gestion de la fertilisation azotée. Les résultats obtenus montrent l'intérêt de disposer de données historiques sur les sols.

Soil Use & Management

DOI: [10.1111/sum.12369](https://doi.org/10.1111/sum.12369)

### Amélioration des légumineuses fourragères et à graines

Le projet H2020 EUCLEG (2017-2021), coordonné par l'Inra, qui rassemble 26 partenaires européens (dont 10 entreprises) et 12 partenaires chinois, est sélectionné par la Commission Européenne en 2017. Il est organisé autour de quatre axes stratégiques : diversification, productivité, stabilité du rendement et qualité. EUCLEG se focalisera sur des espèces économiquement importantes, qui permettent la meilleure production de protéines et fournissent de nombreux services écosystémiques :

### « L'acidité des sols agricoles français diminue »



Plants de pois de différentes variétés cultivés en serre dans l'unité d'agro-écologie à l'Inra de Dijon.  
©Inra - B.NICOLAS





- deux espèces fourragères pour l'alimentation des ruminants (luzerne et trèfle violet) et les trois légumineuses à graines les plus cultivées en Europe et en Chine (pois, féverole et soja).



^ Parcelle de soja sur le domaine expérimental d'Epoisses dépendant du centre de recherche de l'Inra de Dijon. ©Inra - B.NICOLAS

### Des alternatives aux herbicides

Le glyphosate est un herbicide total et systémique largement utilisé en agriculture. A la demande des ministères en charge de l'agriculture, de l'environnement, de la recherche et de la santé, l'Inra a analysé les usages et les alternatives au glyphosate dans l'agriculture française. Le rapport, remis le 30 novembre, montre que des alternatives techniques (pratiques culturales, robotisation et mécanisation, élargissement de la gamme des espèces d'inter-culture, etc.), utilisées seules ou en combinaison, sont possibles dans la plupart des cas sous réserve de changements profonds des systèmes de culture. Quelques situations d'impasse technique sont cependant identifiées, notamment pour l'agriculture de conservation et des productions spécialisées. Le rapport propose plusieurs mesures et ouvre des pistes de recherche pour accompagner la transition vers des systèmes de production sans glyphosate.

Rapport : <https://url.inra.fr/2Fkyczf>

### Les effets des pratiques agricoles sur la biodiversité des bordures de champs visibles sur le long terme

Les bordures de champs sont des éléments clés des paysages agricoles et la connaissance des conséquences des pratiques de gestion de ces bordures et des changements dans la structure des paysages

## « Il est donc possible de concilier production à l'herbe et biodiversité dans les systèmes herbagers de montagne en adaptant la conduite des troupeaux »

est indispensable pour proposer et/ou concevoir des mesures de gestion en faveur de la biodiversité et des services qu'elle apporte. L'analyse de données recueillies pendant 20 ans sur plus de 300 bordures de champs montre que les changements de pratiques de gestion des bordures (fauche, usage de pesticides, etc.) ont un impact sur la diversité floristique et sur les communautés d'insectes. L'étude montre également que ces effets sur la biodiversité sont visibles sur un pas de temps long de l'ordre d'une dizaine d'années et *a minima* de 4 ans. Une dimension temporelle qu'il convient de prendre en compte dans l'élaboration des programmes de conservation, jusqu'à présent basés sur l'analyse à un instant donné des paysages agricoles.

*Agriculture, Ecosystems and Environment*

DOI: 10.1016/j.agee.2017.09.013

*Journal of Environmental Management*

DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.08.054

### Une solution gagnant-gagnant pour concilier production à l'herbe et biodiversité

Afin de préserver la biodiversité présente dans les prairies de montagne, il est proposé d'exclure du pâturage une partie des parcelles à leur pic de floraison. Si la pousse d'herbe est suffisante au printemps, cette « rotation écologique » permet d'accroître la population d'insectes butineurs, dont certains ont un rôle majeur dans la pollinisation, sans affecter la capacité productive des troupeaux. Il est donc possible de concilier production à l'herbe et biodiversité dans les systèmes herbagers de montagne en adaptant la conduite des troupeaux.

*Agriculture, Ecosystems and Environment*

DOI: 10.1016/j.agee.2017.02.030

### Les couverts fleuris et les habitats naturels boisés améliorent la vitalité des abeilles mellifères

Une conséquence directe de l'intensification agricole est la raréfaction de la flore apportant des ressources alimentaires aux pollinisateurs. Une étude associant l'Inra, l'Acta et l'Itsap-Institut de l'Abeille a décortiqué les mécanismes physiologiques impliqués dans la survie hivernale chez les abeilles domestiques. Elle montre que

la probabilité de survie des colonies en hiver est positivement corrélée à la teneur individuelle en vitellogénine, une protéine qui joue un rôle dans la défense vis-à-vis du stress oxydant, l'immunité cellulaire, et la longévité chez l'abeille. La production de cette protéine est favorisée par la qualité de l'environnement dans lequel les abeilles se préparent à l'hiver, notamment la présence de couverts fleuris implantés par les agriculteurs en automne et de ressources liées aux habitats naturels (haies, lisières forestières).

*Scientific Reports*

DOI: 10.1038/srep40568

### Une nouvelle plate-forme d'expérimentation en agro-écologie

La plate-forme CA-SYS (Co-designed Agroecological System Experiment), mise en place sur le domaine Inra d'Epoisses près de Dijon, permettra d'expérimenter à grande échelle (120 ha) une diversité de systèmes agro-écologiques en semis direct ou avec travail du sol, sans pesticides, afin d'éprouver la pertinence de la réduction d'usage des intrants de synthèse au profit d'une valorisation des interactions biotiques au sein d'un environnement parcellaire riche en infrastructures paysagères (bandes enherbées, bandes fleuries, quelques haies, arbres isolés).

### Un jeu sérieux pour aborder l'agro-écologie dans les lycées agricoles

L'Inra a créé un jeu sérieux, le puzzle paysager, pour aborder l'agro-écologie avec les lycéens des filières agricoles. Cet outil pédagogique, inspiré de résultats de recherches sur les paysages agricoles (combinant enquêtes, modèles statistiques et simulations), a fait l'objet d'une déclaration d'invention. Les joueurs doivent décider des cultures à planter dans leurs exploitations de manière à favoriser la présence de carabes qui sont des auxiliaires des cultures. Un débat pour argumenter les choix permet aux joueurs de mesurer l'importance de l'action collective pour gérer les paysages mais aussi les compromis du point de vue de l'organisation des cultures et du travail qui peuvent en découler.

*Déclaration d'invention*

DI RV 17 0097

### Renforcement des partenariats en agriculture biologique

Dans l'optique de renforcer leur partenariat de 20 ans, l'Inra et le FiBL (Institut de recherche de l'agriculture biologique suisse) ont signé le 25 avril un protocole d'entente pour construire l'avenir des recherches en agriculture biologique autour de nouveaux projets communs sur des thématiques pluridisciplinaires.

Philippe Mauguin, PDG de l'Inra a réaffirmé le 20 septembre, au salon Tech&Bio, l'engagement de l'Inra en recherche pour et sur l'agriculture biologique et a annoncé que celle-ci ferait l'objet en 2018 d'un nouveau métaprogramme de l'Inra.

Abeille butinant  
©Fotolia





## FOCUS

## Vers une diminution des pesticides et des antibiotiques

### Réduire l'usage des pesticides sans perte de performances

Les résultats d'une étude réalisée dans le cadre du réseau DEPHY-Ferme, action du plan gouvernemental EcoPhyto visant à réduire et améliorer l'usage des produits phytosanitaires, montrent qu'une réduction significative de l'usage de pesticides est possible sans dégrader, à l'échelle de l'exploitation agricole, les performances productive et économique, à condition de mettre en œuvre des adaptations conséquentes des pratiques agricoles. La mise en œuvre de ces adaptations n'est pas nécessairement facile. Elle requiert un accompagnement des agriculteurs et serait favorisée par des mesures d'incitation économique.

*Nature Plants*

DOI:10.1038/nplants.2017.8.

### Des mécanismes d'adaptation élucidés chez plusieurs pathogènes et ravageurs de plantes

L'exploitation des résistances génétiques aux maladies et aux ravageurs des plantes est un levier déterminant pour diminuer l'utilisation des pesticides en agriculture. Néanmoins, les conditions de culture établissent des pressions de sélection fortes sur les populations de pathogènes, qui évoluent rapidement en acquérant de nouvelles virulences et en augmentant leur agressivité, aboutissant au contournement des résistances qualitatives et à l'érosion des résistances quantitatives.

Les mécanismes d'évolution et d'adaptation, variables selon les pathogènes et les ravageurs, ont été étudiés pour élaborer des stratégies optimales d'utilisation des résistances variétales :

- la flexibilité de la protéine VpG du virus Y de la pomme de terre confère à celui-ci une capacité plus élevée à évoluer vers le contournement d'un gène de résistance du piment ;
- la localisation, dans une région du génome riche en éléments mobiles, du gène d'avirulence AvrStb6 du champignon *Zymoseptoria tritici* responsable de la septoriose du blé favorise son évolution rapide ;
- la structure dupliquée et hybride des génomes des nématodes à galles à reproduction asexuée, capables d'infecter un grand nombre de plantes, associée à leur richesse en éléments transposables, serait à l'origine de leur variabilité et de leur succès parasitaire.



▼ Traitement pesticides sur un verger pendant la floraison.  
©Inra - N.MORISON

*Scientific Reports*

DOI: 10.1038/s41598-017-17212-5

*Molecular Biology and Evolution*

DOI:10.1093/molbev/msx249

*New Phytologist*

DOI:10.1111/nph.14434

*PLOS Genetics*,

DOI:10.1371/journal.pgen.1006777

### Des stratégies de gestion des résistances variétales

La gestion de la diversité variétale à l'échelle du paysage et dans le temps doit permettre de ralentir ou d'éviter le contournement des gènes de résistance par les pathogènes. Un modèle basé sur la co-évolution des pathogènes et de leurs plantes hôtes et permettant de comparer différentes stratégies de déploiement des résistances (pyramidage de gènes, mélanges variétaux, mosaïques paysagères et rotations) a été couplé avec des modèles d'allocation des variétés au sein d'un même territoire. Ce couplage a permis d'identifier des leviers

potentiels pour éviter le contournement et l'érosion des résistances variétales à l'échelle du paysage.

*Evolutionary Applications*

DOI: 10.1111/eva.12570

« L'exploitation des résistances génétiques aux maladies et aux ravageurs des plantes est un levier déterminant pour diminuer l'utilisation des pesticides en agriculture »

### Un laboratoire commun pour accompagner le développement des biostimulants et des stimulateurs de défense des plantes

Les stimulateurs des plantes recouvrent les stimulateurs de défense des plantes et les biostimulants. Les premiers visent à activer le système immunitaire de la plante et à la protéger des maladies et des ravageurs tandis que les seconds sont destinés à améliorer sa croissance et son développement et/ou sa résistance aux stress environnementaux. Ces deux catégories d'intrants de « nouvelle génération » regroupent essentiellement des composés ou extraits d'origine naturelle (minérale ou organique), ou bien encore des microorganismes vivants, et représentent une voie prometteuse pour le développement d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement. Le LabCom ESTIM (Evaluation des STIMulateurs des plantes), soutenu par l'ANR, réunit des scientifiques de l'Unité Mixte de Recherche IRHS (Inra - Agrocampus Ouest - Université d'Angers) et d'Arexhor Pays de la Loire. L'objectif du LabCom est



- de mettre au point des méthodes et outils innovants d'évaluation des stimulateurs des plantes, utiles à la fois pour du criblage amont de nouveaux produits, leur expérimentation en vraie grandeur, voire leur utilisation en conditions de production.

#### Limiter l'apparition de résistances aux antibiotiques

L'usage des antibiotiques en médecine vétérinaire peut conduire à la sélection de bactéries pathogènes résistantes, potentiellement transmissibles à l'homme. Plusieurs stratégies pour diminuer cet usage sont proposées pour lutter contre différentes infections.

- Les infections mammaires par des bactéries communes, à l'origine des mammites, sont pénalisantes pour la production laitière et le bien-être des vaches laitières, des ovins et des caprins. L'immunisation locale par voie mammaire chez les bovins semble être une voie prometteuse pour lutter contre *Escherichia coli*, un des agents majeurs de mammites souvent sévères.
- Un programme de sélection génétique est en cours pour améliorer la résistance des ovins aux infections mammaires. Les brebis sensibles aux infections mammaires réagissent de façon exacerbée au déficit énergétique en début de lactation. Cette réaction se traduit par une mobilisation intense des réserves corporelles (acides gras présents dans le tissu graisseux) et, en conséquence, une augmentation de la synthèse de corps cétoniques. Une analyse transcriptionnelle a confirmé les conséquences de la modification du métabolisme énergétique sur l'immunité d'animaux sensibles aux mammites. La sélection pour améliorer la résistance génétique des brebis aux infections mammaires est également un levier pour sélectionner des animaux plus résilients aux problèmes métaboliques en début de lactation.
- Une autre voie possible de réduction de l'usage des antibiotiques est le recours à un traitement avec une dose réduite. L'efficacité d'un traitement des bronchopneumonies infectieuses bovines avec une dose réduite de marbofloxacin au début de l'infection a été validée expérimentalement et en conditions d'élevage. Cette approche nécessite de mettre en place des méthodes de détection précoce des animaux malades et de déployer une médecine vétérinaire de précision.
- Les mycoplasmes sont des pathogènes importants en santé animale dont les capacités d'adaptation face aux moyens de prévention et de contrôle sont déconcertantes. Une stratégie originale de développement de vaccins sous unitaires contre les infections respiratoires causées par *Mycoplasma bovis* chez le jeune

bovin permet de proposer une approche vaccinale innovante ciblant des structures protéiques hautement conservées chez ces pathogènes hypervariables.

*Scientific Reports*

DOI: 10.1038/s41598-017-02391-y

*Scientific Reports*

DOI: 10.1038/s41598-017-03724-7

*Frontiers in Veterinary Science*

DOI: 10.3389/fvets.2017.00143.

*Frontiers in Microbiology*

DOI: 10.3389/fmicb.2016.02114.

*Foodborne Pathogens and Disease*

DOI: 10.1089/fpd.2016.2176.

*Vaccine*

DOI: 10.1016/j.vaccine.2017.03.095, dépôt de brevet en 2017

#### Vers l'élaboration de stratégies de biocontrôle des insectes ravageurs des cultures

Les insectes ravageurs herbivores utilisent un répertoire de récepteurs gustatifs et olfactifs pour sélectionner leurs plantes hôtes et identifier des partenaires sexuels. En étudiant plusieurs espèces de noctuelles (des papillons dont les chenilles attaquent de nombreuses plantes cultivées), différents mécanismes de reconnaissance ont été élucidés. Dans le cadre d'un consortium international, l'Inra a séquencé le génome d'un papillon ravageur des cultures, *Spodoptera frugiperda* (légionnaire d'automne), et a contribué à l'analyse du génome de trois autres noctuelles d'importance agronomique. L'analyse de la séquence de *Spodoptera frugiperda* a permis d'identifier des gènes impliqués dans la reconnaissance gustative des plantes hôtes ainsi que dans la détoxification et la digestion de composés végétaux. Trente-cinq récepteurs olfactifs de la noctuelle du coton *Spodoptera littoralis* ont été caractérisés et les molécules odorantes qui les activent ont été identifiées pour la moitié d'entre eux. Le rôle des neurones récepteurs olfactifs et des neurones de projection sortant du lobe antennaire dans l'orientation a été élucidé chez une autre noctuelle, *Agrotis ipsilon*. L'ensemble de ces résultats ouvre la voie à de nouveaux moyens de lutte contre ces insectes ravageurs des cultures par des stratégies de biocontrôle basées sur l'olfaction.

*Scientific Reports*

DOI: 10.1038/s41598-017-10461-4

*Nature Ecology and Evolution*

DOI: 10.1038/s41559-017-0314-4

*BMC Biology*

DOI: 10.1186/s12915-017-0402-6

*Nature Communications*

DOI: 10.1038/ncomms15709

#### INTERVIEW

## Diversifier l'offre d'écologie chimique

Pouvez-vous nous expliquer l'activité de votre laboratoire sur les papillons de nuit ? Nous travaillons sur la communication olfactive entre insectes mais aussi entre les insectes et leur environnement, avec pour modèles principaux des papillons de nuit dont les chenilles sont de redoutables ravageurs des cultures. Nous regardons de près les espèces du genre *Spodoptera*, car c'est un complexe d'espèces qui regroupe de dangereux ravageurs, installés ou potentiellement invasifs en Europe. Nous utilisons une palette d'approches du gène au comportement, dont l'électrophysiologie en fait partie. En effet, la communication olfactive passe par les neurones olfactifs des insectes, situés principalement dans leurs antennes, et dont on peut enregistrer les réponses à des odeurs. *In fine*, ces recherches ont pour objectif d'identifier les signaux odorants pertinents pour les insectes afin de les détourner pour mettre au point des méthodes de biocontrôle susceptibles de remplacer les pesticides.

#### Comment lutter contre ces ravageurs ?

La piste que nous explorons au laboratoire est de perturber cette communication olfactive. On peut agir sur la reproduction des papillons : en brouillant les signaux olfactifs sexuels (phéromones), on peut limiter la rencontre des papillons des deux sexes ou influencer sur les lieux de ponte des femelles. On peut également, après les avoir identifiées par criblage, utiliser des odeurs de plantes qui attirent (plantes hôtes) ou repoussent (plantes non hôtes) les papillons. On peut enfin envisager de perturber l'odorat des chenilles qui l'utilisent pour identifier les plantes les plus adéquates pour se nourrir. Ces trois stratégies font l'objet de recherches dans notre Institut.



Emmanuelle JACQUIN-JOLY

Directrice du département d'écologie sensorielle  
Inra-Sorbonne Université de l'Institut d'écologie  
et des sciences de l'environnement de Paris (IEES-Paris)



Sur les cultures de maïs, de sorgho et de riz, les pertes se chiffrent à plusieurs centaines de millions d'euros



Quels sont les ravages causés par ces papillons sur quelles cultures et dans quelles zones géographiques ?

Nos recherches sur les *Spodoptera*, dont certaines sont menées en collaboration avec la Chine, l'Afrique ou des pays d'Amérique du Sud, visent à assurer la viabilité des cultures alimentaires ou textiles dans différents pays du monde. Le genre *Spodoptera* contient une trentaine d'espèces dont la plupart sont des ravageurs polyphages, très voraces. Trois espèces font l'objet d'une attention particulière de notre part : *Spodoptera frugiperda*, *littoralis* et *litura*.

*S. frugiperda*, qui était localisée sur tout le continent américain nord et sud, a envahi 28 pays d'Afrique australe et centrale début 2016. Sur les cultures de maïs, de sorgho et de riz, les pertes se chiffrent à plusieurs centaines de millions d'euros.

L'espèce invasive en France *S. littoralis*, que nous étudions plus particulièrement dans notre laboratoire en élevage permanent, est localisée en Afrique, dans tout le Bassin méditerranéen et en Asie du Sud-Ouest. C'est l'ennemi numéro un du coton, culture qui occupe 2% des territoires maïs mobilise près de 20% des pesticides !

Enfin, *S. litura* est présente en Asie et en Océanie, mais les échanges internationaux en font également une espèce menaçante pour l'Europe.



## RÉSULTAT

Des truites arc-en-ciel sélectionnées pour leur aptitude à s'alimenter à base de végétaux

L'essor spectaculaire de l'aquaculture s'accompagne de l'évolution des aliments pour poissons depuis des aliments riches en matières premières d'origine marine vers des aliments riches en produits végétaux. Les taux de substitution élevés impactent normalement fortement les performances de croissance et de survie de la truite arc-en-ciel. Cependant, cet impact peut être compensé par une sélection massive sur l'aptitude à grandir et survivre avec un aliment 100% végétal. Une population de truites se nourrissant exclusivement de produits végétaux et grandissant aussi bien que les truites nourries à partir de produits d'origine marine a été obtenue après seulement 3 générations de sélection. Cette performance semble liée à la capacité des truites sélectionnées à ingérer davantage d'aliment.

*PlosOne*,

DOI: 10.1371/journal.pone.0186705



Grandes truites arc-en-ciel dans un bassin de pisciculture.  
©Inra - M.DUPONT-NIVET

## BRÈVES

Un nouveau laboratoire de référence de l'Union Européenne pour la fièvre aphteuse

Le laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort (Anses, Enva, Inra), en association avec l'unité des maladies vésiculeuses du COA-CERVA en Belgique, est désigné par la Commission Européenne pour être laboratoire de référence européen pour la fièvre aphteuse, une maladie d'importance majeure pour l'élevage.

Première conférence internationale  
« Modélisation en santé animale » ModAH 2017

Une centaine de scientifiques se sont réunis à Nantes du 14 au 16 juin. Cet événement a permis de diffuser les résultats du Projet Investissements d'Avenir MIHMES (Multi-scale modelling, from animal Intra-Host to Metapopulation, of mechanisms of pathogen spread to Evaluate control Strategies), dont l'objectif est de produire des connaissances et des méthodes pour mieux comprendre et combattre des maladies animales endémiques infectieuses et des risques de santé publique vétérinaire, et d'ouvrir la voie à des collaborations internationales.

## Prix

Alejandro Cabezas-Cruz, de l'Unité de Biologie moléculaire et immunologie parasitaire, a reçu le prix *Odile Bain Memorial* 2017, pour ses travaux sur le rôle des anticorps anti-alpha-Gal induits par le microbiote de l'hôte dans l'épidémiologie de maladies infectieuses d'importance majeure telles que la malaria ou la tuberculose.

Mohammed Moudjou, Jérôme Chapuis et Vincent Béringue, de l'Unité Virologie et immunologie moléculaire, ont reçu le prix *Alfred Kastler* 2017 de Biologie décerné par la Fondation Droit Animal, Science et Ethique pour leurs travaux sur l'amplification *in vitro* de prions de différentes espèces, qui constituent une étape importante pour le remplacement de l'expérimentation animale dans l'étude des maladies à prions.



Rut Carballido-López,  
lauréate ERC Consolidator Grant 2017

Rut Carballido-López est lauréate en 2017 d'un financement « Consolidator Grant » du Conseil Européen de la Recherche (ERC) d'un montant de 1,9 million d'euros qui lui permettra de poursuivre les travaux qu'elle conduit avec son équipe sur la morphogénèse des bactéries. Cette bourse est destinée à financer le projet BActin qui élargira les recherches développées précédemment sur la synthèse de la paroi bactérienne à l'étude biochimique et biophysique des constituants du cytosquelette bactérien et à la détermination de nouvelles stratégies d'inhibition de la synthèse de la paroi bactérienne. Ces travaux devraient ouvrir de nouveaux horizons en matière de lutte contre les bactéries pathogènes.  
*Nature Communications*  
DOI:10.1038/ncomms15370



## FOCUS

## Evolution des génomes, domestication et sélection

### Reconstitution du génome de la toute première plante

Toutes les plantes dérivent d'une espèce ancestrale commune, mais quelle était la structure de son génome et quels mécanismes ont participé à la diversité des génomes modernes ? En comparant la séquence d'ADN de 37 génomes de plantes, le génome ancestral de la première plante à fleur, constitué de 15 chromosomes porteurs de plus de 20 000 gènes, a été reconstruit. Son origine, plus ancienne que celle supposée par les plus vieux fossiles de plantes connus à ce jour, est estimée à 214 millions d'années. L'apparition de copies surnuméraires de gènes ancestraux ainsi que la réorganisation des chromosomes au cours de l'évolution (par réarrangements structuraux et polyploïdisation) ont induit une plasticité génomique à l'origine de nouvelles espèces végétales ainsi qu'à leur adaptation à un environnement changeant.

*Nature Genetics*  
DOI : 10.1038/ng.3813

### Les rétrotransposons :

#### un rôle majeur dans l'évolution des génomes

Les éléments transposables jouent un rôle important dans l'évolution et plusieurs mécanismes ont été mis en place pour les inactiver et maintenir l'intégrité des génomes. Des résultats obtenus sur *Arabidopsis thaliana* et sur le riz démontrent que la polymérase II est impliquée dans l'inactivation épigénétique des rétrotransposons. Ils suggèrent que cette enzyme peut avoir une influence sur la vitesse d'évolution des plantes en régulant l'amplitude de transposition.

*Genome Biology*  
DOI : 10.1186/s13059-017-1265-4

### Impact de la domestication sur le génome de la tomate

La domestication d'espèces sauvages par l'homme a conduit à la sélection de caractères avantageux pour celui-ci comme l'absence de déhiscence des graines et la taille des graines et des fruits. Une analyse transcriptionnelle révèle que le processus de domestication de la tomate cultivée (*Solanum lycopersicum*) a conduit à des modifications profondes de l'expression des gènes par rapport à la tomate sauvage (*S. pimpinellifolium*) : à l'échelle du génome, plus de 1 700 gènes ont vu leur niveau d'expression modifié. Par ailleurs, la domestication s'est accompagnée d'une perte de diversité nucléotidique globale des gènes (env. 34%), en partie due à la fixation de mutations bénéfiques. Cette étude montre que les phénomènes sélectifs, tels que la domestication, ont de profondes conséquences à l'échelle du génome, et que les espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées constituent un réservoir de diversité important exploitable en amélioration des plantes.

*Plant Journal*  
DOI: 10.1111/tpj.13592

### Des gènes bovins rendent le yak plus docile

Le génome du yak, animal dont dépend l'alimentation de nombreux peuples d'Asie centrale, contient 1,3% de gènes d'origine bovine. La majorité de ces gènes est impliquée dans le développement et la régulation du système nerveux et la communication entre neurones. Ainsi, l'introgession de gènes bovins dans le génome du yak a eu des conséquences majeures sur son compor-

tement, son intelligence, son instinct et ses perceptions. Ces découvertes, issues d'une étude menée par l'Inra en collaboration avec l'Union de coopératives d'élevage ALLICE et l'Université Louis-et-Maximilien de Munich, suggèrent que l'hybridation avec le bovin a participé au processus de domestication du yak. Les éleveurs, en sélectionnant leurs yaks, ont privilégié sans le savoir certains gènes bovins qui rendent ce ruminant plus docile.

*Nature Genetics*,  
DOI : 10.1038/ng.3775



**Les espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées constituent un réservoir de diversité important exploitable en amélioration des plantes**



### « Not Like Dad » : découverte d'un gène majeur pour la sélection végétale

La production de plantes haploïdes est un outil puissant de sélection permettant, après doublement des chromosomes, d'obtenir des plantes fixées (c'est-à-dire contenant plus de 99% des gènes à l'état homozygote). Chez la majorité des plantes, elle nécessite des systèmes de culture *in vitro* assez laborieux et coûteux. Chez le maïs en revanche, les sélectionneurs exploitent depuis des décennies un phénomène particulier : le pollen d'une plante dite « inductrice » déclenche, une fois déposé sur l'épi d'une autre plante, le développement d'embryons haploïdes qui ne portent que les chromosomes maternels. Des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec le CNRS, l'ENS de Lyon, l'Université Claude Bernard Lyon 1 et Limagrain, ont découvert le gène responsable de ce phénomène et l'ont baptisé « Not Like Dad ». Ce gène code pour une phospholipase spécifique du pollen, et est présent sous une forme mutée dans les lignées inductrices de maïs. Ces résultats ouvrent des perspectives dans la compréhension de la fécondation des plantes et dans le transfert de cet outil de sélection vers d'autres espèces cultivées.

*The EMBO Journal*  
DOI : 10.15252/embj.201796603

Tomates cv. *Lycopersicon*  
*Pimpinellifolium*.  
(tomate sauvage)  
©J.WEBER



01

Yak  
©S.Mathis





## FOCUS

## Comportement, conscience et bien-être animal

*L'élevage est une activité économique importante, essentielle au maintien de la vitalité de nombreux territoires, mais les filières animales sont aujourd'hui questionnées. Elles doivent faire face à de multiples enjeux économiques, environnementaux et sociétaux. Il s'agit aujourd'hui de concevoir des systèmes d'élevage qui non seulement limitent au maximum les sources de stress et de douleurs pour les animaux, mais favorisent aussi leurs expériences positives.*



Centre national  
de référence pour le  
**bien-être animal**

### L'Inra pilote du Centre National de Référence pour le Bien-Être Animal (CNR BEA)

La multiplicité des acteurs, la diversité des attentes exprimées en matière de bien-être animal et les difficultés de mise en œuvre de la réglementation existante rendent nécessaire la mise en place d'une entité dédiée au partage des connaissances, à l'accompagnement des acteurs et à l'animation des initiatives. Pour répondre à ce besoin, le CNR BEA a été créé en 2017 dans le cadre de la Stratégie nationale pour le bien-être animal du ministère chargé de l'Agriculture, qui en a confié le pilotage à l'Inra. Ce dispositif a pour ambition de fédérer l'ensemble des parties prenantes concernées par le bien-être des animaux pour accompagner les acteurs dans des démarches de progrès, diffuser les informations et les innovations impactant le bien-être des animaux et contribuer au dialogue entre tous.



### INTERVIEW

## Un cadre unique pour fédérer les acteurs

### Pourquoi créer un Centre national de référence pour le bien-être animal ?

Il était nécessaire d'avoir un cadre unique et bien identifié pour fédérer les divers acteurs concernés par le bien-être animal en France, allant des producteurs aux consommateurs en passant par les transformateurs et les associations de défense des animaux. Nous pourrions ainsi partager et rassembler l'information grâce à la plateforme de ressources, et accompagner les acteurs de terrain pour faciliter la mise en œuvre de la réglementation. Autre point clé : nous voulons renforcer la formation, tant initiale que continue. Pour l'instant, il existe une multitude d'organismes formateurs qui ne sont pas toujours bien visibles et pour lesquels les référentiels font défaut. Notre première action va consister à cartographier l'existant et proposer des critères d'évaluation de ces formations, voire pourquoi pas un label.

### Et au niveau européen ?

La réglementation européenne est assez complète, le problème est de la faire respecter au niveau des Etats membres. Il existe pour cela depuis 2017 une instance de dialogue, la plateforme européenne sur le bien-être animal, composée de représentants ministériels des Etats et des principales parties prenantes. Un second dispositif est en cours d'élaboration : il s'agit de la création de Centres européens de référence pour le bien-être animal qui seront sélectionnés à partir du regroupement de Centres nationaux de référence. D'où l'importance d'avoir mis en place le Centre de référence en France. Il en existe déjà en Suède, Finlande, Danemark, Italie, Pays-Bas et Allemagne.



**Alain BOISSY**  
directeur du centre national de référence  
du bien-être animal



Le CNR BEA est représenté au sein  
du Comité national d'éthique des  
abattoirs, créé en octobre 2017



### Quels seront les points de vigilance ?

Le transport des animaux à travers les frontières en est un. Il faut veiller à leurs conditions de transit pour les longues distances ou encore d'accueil en bovinerie si les animaux arrivent par exemple pendant le week-end. L'abattage, bien sûr, en est un autre. La réglementation européenne stipule que l'abattage doit avoir lieu après que l'étourdissement est effectif. En France, la commission parlementaire en charge de cette question a proposé, entre autres, la création d'un Comité national d'éthique des abattoirs. Ce Comité a effectivement été créé en octobre 2017 sous l'égide du Conseil national de l'alimentation. Le CNR BEA est représenté au sein de ce Comité, lequel en retour est partie prenante de notre Comité consultatif.





➤ **Des outils d'imagerie par résonance magnétique (IRM) pour étudier le système nerveux des ovins.**

Dans le domaine des neurosciences, l'IRM est une nouvelle méthode d'investigation des bases neuro-anatomiques et fonctionnelles des processus comportementaux, neuroendocriniens ou cognitifs. Peu invasive, elle répond à des besoins de recherche scientifique sur les animaux d'élevage tout en limitant les interventions sur les animaux. Cependant, l'utilisation de la neuro-imagerie par IRM nécessite de disposer de références spécifiques à chaque espèce animale. Un modèle numérique et un atlas IRM haute résolution du cerveau de brebis ont été créés. Ces outils sont mis à la disposition de la communauté scientifique en téléchargement (<https://data.inra.fr/dataverse/neuroendocrinologie>).

*Journal of Comparative Neurology*

DOI: 10.1002/cne.24079

**Des neurones olfactifs à l'origine du comportement maternel de la brebis**

Chez les mammifères, certaines régions cérébrales, dont le bulbe olfactif, produisent des neurones tout au long de la vie. Une étude réalisée sur des brebis montre que des neurones néoformés 3 mois avant la mise bas sont activés préférentiellement par l'exposition aux odeurs d'agneaux nouveau-nés et contribuent ainsi à la mise en place du comportement maternel. Les résultats obtenus montrent aussi l'extrême plasticité du cerveau maternel qui constitue une réponse adaptative à la forte modification comportementale de la mère après la naissance de son jeune.

*Brain Structure and Function*

DOI : 10.1007/s00429-016-1272-3

**Evaluation et soulagement de la douleur chez les ruminants**

L'absence de douleur chez les animaux d'élevage fait l'objet d'une attente sociétale grandissante. Or, l'évaluation de la douleur et de l'efficacité des traitements antalgiques reste complexe. Une approche multi-paramétrique, combinant l'information d'indicateurs de nature différente (physiologique, comportementale, métabolique) et utilisée sur 4 modèles (chirurgie digestive de l'ovin et du bovin, castration chez l'ovin, mammite à *Escherichia coli* chez la vache laitière) a permis de différencier les états d'inconfort (modifications comportementales uniquement) et les états douloureux. Cette approche, une fois simplifiée et validée dans d'autres situations douloureuses, débouchera sur des recommandations destinées aux vétérinaires, éleveurs et expérimentateurs.

*Animal*

DOI: 10.1017/S175173117000805

(lien cliquable vers <https://doi.org/10.1017/S175173117000805>)

*J. Dairy Science*

DOI : 10.3168/jds.2017-12796

(lien cliquable sur <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12796>)



**Une expertise scientifique collective (ESCo) sur la conscience animale**

A la demande de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) l'Inra a réalisé une ESCo sur la conscience animale. Celle-ci est définie comme l'expérience subjective ou « phénoménale » que l'animal a de son environnement, de son propre corps et/ou de ses propres connaissances. L'ESCo repose sur une revue de la littérature scientifique sur les capacités perceptives, émotionnelles, cognitives et métacognitives des animaux, et les structures cérébrales et les réseaux neuronaux associés. Outre une capacité à éprouver des émotions, à gérer des situations complexes et à évaluer leurs savoirs, les animaux peuvent planifier des actions par rapport à leur expérience du passé ou leurs attentes futures, et peuvent également gérer des relations sociales complexes. Ce sont autant d'indicateurs de l'existence de formes de conscience chez les animaux, qui peuvent également éprouver consciemment la douleur. Pour autant, cette expertise ne conclut pas à l'équivalence des contenus de conscience entre les animaux et l'Homme.

*ESCo*

DOI: 10.2903/sp.efsa.2018.EN-1373

**RÉSULTAT**

**Agriculture numérique : du bon usage des capteurs pour l'aide à la décision et la prédiction**

Un enjeu pour l'agriculture de demain est de pouvoir profiter d'une nouvelle génération d'outils d'aide à la décision, de surveillance ou de prédiction basée sur l'utilisation intensive de capteurs. Pour répondre à cet enjeu, une nouvelle approche est proposée afin de déterminer la pertinence, ou les périodes de pertinence, de données issues de capteurs pour expliquer/prédire une grandeur agronomique (par exemple un rendement ou un risque). La méthode, nommée Bliss, repose sur l'utilisation de fonctions f « en escalier » où chaque marche représente la participation au cours du temps de chaque capteur à « l'explication » : i) chaque fonction f non nulle sur un intervalle de temps, quantifie l'influence de la grandeur sur la période ; ii) une fonction f nulle sur une période de temps indique qu'il n'y a pas d'effet dans cette période sur la quantité à expliquer. Cette méthode a été appliquée avec succès pour expliquer le rendement de maïs d'une parcelle et la production de truffes noires du Périgord. Elle a permis, à partir du suivi des températures et des précipitations, d'identifier des périodes de temps déterminantes pour expliquer les valeurs agronomiques étudiées. Une mise en œuvre logicielle de cette méthode est disponible (<https://www6.montpellier.inra.fr/mistea/Logiciels>).

*PlosOne*,

DOI: 10.1371/journal.pone.0186705

^  
Domaine expérimental Inra d'Orçival, bâtiment d'élevage équipé de matelas « INRAMAT » afin d'améliorer les conditions de couchage des vaches laitières.  
©Inra - C.MAITRE



## 02

LES SYSTÈMES AGRICOLES  
ET FORESTIERS FACE AU DÉFI  
CLIMATIQUE

#CLIMATE

L'agriculture et la forêt sont soumises aux effets du dérèglement climatique qui impacte également les ressources naturelles et la biodiversité. Dans le même temps, elles ont une influence sur certains déterminants du changement climatique. Elles doivent donc simultanément s'adapter et atténuer leur contribution. Elles peuvent même participer activement à des solutions plus globales de maîtrise des gaz à effet de serre d'origine anthropique, tout en préservant les ressources naturelles, en particulier les sols.



>  
Site atelier de Fond Blanche  
entre Aubagne et La Ciotat.  
©Inra - B.NICOLAS



## RÉSULTATS

## Des consortiums internationaux pour progresser dans la simulation des réponses de la production agricole au changement climatique

Comment mieux prédire les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles et leur variabilité dans l'espace et au cours du temps afin notamment de pouvoir tester des options d'adaptation ? Depuis plusieurs années, l'Inra soutient la participation de scientifiques à de grands consortiums européens (MAC-SUR - <https://macsur.eu>) ou internationaux (AgMIP - <http://www.agmip.org>) qui conduisent des exercices de modélisation couplant modèles climatiques et modèles de cultures. Ces réseaux ont contribué à structurer les communautés internationales impliquées dans la modélisation des prairies, de l'élevage, des cultures, des exploitations agricoles et du commerce agricole afin d'améliorer la prédiction des impacts du changement climatique. Les équipes impliquées ont contribué au développement d'une approche innovante mobilisant simultanément plusieurs modèles de climat et/ou de cultures (modélisation ensembliste), qui implique une révision en profondeur des cadres de modélisation.

Ces travaux ont notamment conduit à une révision des fonctions de réponse des espèces cultivées à la température, considérées comme clés pour améliorer la modélisation des cultures soumises à la hausse des températures et aux changements climatiques. La communauté Inra de modélisateurs contribue aux progrès dans ce domaine et à l'amélioration de la qualité des simulations et à une meilleure caractérisation des incertitudes. Son implication a permis de faire entrer les pratiques de modélisation ensembliste dans les laboratoires de l'Institut. Enfin, ces activités donnent lieu à de nombreux articles dans des revues à forte notoriété.

*Nature Plants*DOI: [10.1038/nplants.2017.102](https://doi.org/10.1038/nplants.2017.102)*Proceedings of the National Academy of Science of the USA*DOI: [10.1073/pnas.1701762114](https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114)*Agricultural Systems*DOI: [10.1016/j.agsy.2017.03.005](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.005)

## La diversité des plantes optimise le fonctionnement des écosystèmes secs

Les écosystèmes secs occupent 45% des surfaces terrestres de la planète et sont menacés par la désertification. Ces écosystèmes abritent 38% de la population mondiale, dont 90% sont localisés dans des pays en voie de développement qui dépendent de l'agriculture vivrière et de l'élevage. Porter plus d'attention à la biodiversité peut garantir l'avenir des écosystèmes dans le contexte actuel de changement climatique, et constitue par conséquent un enjeu de premier plan pour les sociétés humaines. Une équipe de chercheurs français, espagnols et américains s'est intéressée à plusieurs facettes de la diversité végétale : le nombre d'espèces, leur abondance, mais aussi la diversité des caractères morphologiques et physiologiques des plantes. Cette étude conduite sur 124 sites répartis sur quatre continents et considérant cinq biomes (steppes continentales, maquis méditerranéens, savanes, forêts sèches, déserts) montre que la diversité de ces caractères est intrinsèquement reliée à la maximisation du fonctionnement de ces écosystèmes via la productivité végétale ou la capacité des sols à transformer les nutriments. Elle permet d'envisager de nouvelles perspectives pour anticiper l'impact des changements globaux sur ces écosystèmes et piloter des stratégies de gestion pour faire face à ces changements.

*Nature Ecology and Evolution*DOI: [10.1038/s41559-017-0132](https://doi.org/10.1038/s41559-017-0132)

Les écosystèmes secs occupent 45% des surfaces terrestres de la planète et sont menacés par la désertification



## Résilience du chêne sessile aux variations climatiques en Europe

Un dispositif expérimental inédit par son ampleur et sa longévité a permis d'évaluer la résistance au réchauffement climatique du chêne sessile (*Quercus petraea*), une espèce forestière majeure au plan économique, écologique et culturel. Des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec l'ONF et des partenaires européens, ont analysé la survie et la croissance du chêne sessile dans un réseau de plantations expérimentales installées il y a 30 ans dans 23 forêts européennes, depuis le Royaume-Uni et la Scandinavie jusqu'à la Turquie, et provenant de la transplantation de populations de 116 origines géographiques. Les données obtenues ont été intégrées dans des modèles prenant en compte différents scénarios de hausse de la température. Les résultats montrent que, globalement, l'espèce manifeste une faible sensibilité aux variations climatiques, mais que les chênes du sud et de l'est de l'Europe seraient menacés dans un scénario de changement climatique modéré (hausse des températures de 1,8°C en moyenne d'ici 2100) et que certaines populations situées sous climat continental seraient sévèrement affectées en France.

*Global Change Biology*DOI: [10.1111/gcb.13576](https://doi.org/10.1111/gcb.13576)

Sur les pentes du Mont Ventoux on observe aisément les différents stades de dépérissement des arbres provoqué par le changement climatique.  
©Inra - B.NICOLAS

02





### ► Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ?

Une étude menée par l'Inra en collaboration avec l'IGN à la demande du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation s'est intéressée à la façon dont la filière forêt-bois dans son ensemble pourrait poursuivre, voire accroître, sa contribution à l'atténuation du changement climatique en simulant les effets de plusieurs scénarios d'évolution d'ici 2050. Ceux-ci sont principalement basés sur des modes plus ou moins actifs de gestion des forêts et sur l'importance des prélèvements annuels qui y sont faits pour alimenter la filière et participer au développement de la bioéconomie. Ces scénarios sont également soumis aux effets du changement climatique ainsi qu'à des aléas en série tels que tempêtes, incendies, invasions biologiques...

Quel que soit le scénario, la filière forêt-bois démontre une capacité de stockage du carbone qui demeure forte et pourrait même augmenter. Bien que limitant quelque peu le stockage du carbone *in situ*, l'intensification forestière participe à cet effort d'atténuation au travers des émissions de gaz à effet de serre (GES) évitées grâce à l'usage de matériau ou d'énergie bois plutôt que de produits concurrents issus de filières plus émettrices de GES. De ce fait, elle améliore la résilience de la filière face aux crises : climat, incendies, tempêtes ou invasions biologiques.

Etude : <https://url.inra.fr/2Hy07zF>

### Evolution des fermes bovines françaises à l'horizon 2035 : quels scénarios pour une réduction des gaz à effet de serre ?

Le secteur bovin (lait et viande) est un contributeur majeur des émissions de GES en agriculture. Une approche par scénarios (politique publique, progrès technique, etc.) a été utilisée pour explorer les futurs plausibles pour les secteurs bovins viande et bovins lait français et leurs impacts sur le changement climatique via un modèle bioéconomique. Pour le scénario tendanciel, la production des fermes laitières, leur revenu et leurs impacts sur le changement climatique augmentent tandis que les fermes de bovins allaitants enregistrent un léger recul de ces indicateurs. Une politique libérale soutenant les investissements induirait une intensification de la production des fermes laitières mais une réduction de la production de bovins viande et des revenus des éleveurs de bovins allaitants. Les impacts sur le changement climatique seraient plus importants en raison de l'augmentation des volumes et dans certains cas d'une intensification trop importante. L'agriculture biologique est plus favorable à la réduction des émissions, mais a un impact sur la production et le revenu des éleveurs laitiers. Une taxe carbone diminuerait l'impact des élevages sur le changement climatique mais remettrait en question la viabilité de l'élevage allaitant. Ce travail soulève la question de l'intensification optimale puisque les impacts environnementaux sont réduits par une meilleure efficacité des animaux mais pénalisés par l'augmentation de l'utilisation d'intrants.

*Agricultural Systems*

DOI: 10.1016/j.agry.2017.07.006

*Agricultural Systems*

DOI: 10.1016/j.agry.2017.07.005

### Concilier production d'énergie et valorisation des terres agricoles

Les énergies renouvelables constituent un des piliers de la lutte contre le réchauffement climatique. Les systèmes agrivoltaïques, combinant des panneaux solaires et des cultures agricoles sur le même sol, sont récemment apparus comme une solution possible au conflit d'usage des terres entre productions agricole et d'énergie. Le concept innovant de système agrivoltaïque dynamique, né du partenariat de l'Inra avec la société française Sun'R, offre la possibilité d'orienter les panneaux et donc de moduler l'ombre portée au niveau de la culture. Une étude montre qu'il est possible d'améliorer à la fois les productivités électrique et agricole d'une parcelle expérimentale de laitue en utilisant des panneaux photovoltaïques dynamiques plutôt que stationnaires, tout en maintenant la production agricole à des niveaux proches de ceux obtenus en plein champ. Ce travail fournit des pistes d'amélioration de la gestion du pilotage des panneaux en fonction du développement de la plante, des conditions climatiques et des objectifs de production.

*Applied Energy*

DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.09.113

(lien sur <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>)

## « Les énergies renouvelables constituent un des piliers de la lutte contre le réchauffement climatique »

### Le génome du tournesol révèle les gènes impliqués dans la floraison

La culture de tournesol offre des possibilités intéressantes pour l'adaptation au changement climatique en raison de sa capacité à maintenir des rendements élevés dans des environnements multiples, y compris sous contrainte de sécheresse. L'analyse approfondie de la séquence du génome de tournesol, obtenue dans le cadre du projet SUNRISE soutenu par le Programme d'Investissements d'Avenir en collaboration avec un consortium international, a permis d'identifier les gènes qui s'expriment spécifiquement dans les organes floraux ou qui contrôlent la date de floraison. La connaissance de l'organisation de ces gènes au sein du génome permettra d'accélérer le processus d'amélioration variétale du tournesol et d'autoriser sa culture dans un plus grand nombre de régions en mettant à la disposition des agriculteurs une gamme de variétés de précocité adaptée.

*Nature*

DOI:10.1038/nature22380

## BRÈVES

### Lancement du projet européen SolACE



L'objectif principal du projet SolACE (*Solutions for improving Agroecosystem and Crop Efficiency for water and nutrient use*), coordonné par l'Inra, est de permettre à l'agriculture européenne de faire face au défi engendré par de plus fréquentes limitations combinées d'eau et de nutriments dans les décennies prochaines, par la conception de nouveaux génotypes de cultures et par des innovations dans la gestion des agroécosystèmes pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau, de l'azote (N) et du phosphore (P). Pour cela, le projet concentrera ses activités sur trois espèces cultivées majeures en Europe : le blé tendre, le blé dur et la pomme de terre.

### Make Our Planet Great Again : 2 UMR Inra accueillent des lauréats

Le Gouvernement a lancé un appel à destination de chercheurs ne résidant pas sur le territoire national et désireux de conduire en France des projets de recherche pour faire face aux changements climatiques et planétaires. Parmi les 18 candidats sélectionnés à l'issue de la première vague de sélection en décembre, 2 lauréates seront accueillies dans des unités Inra : le centre d'Ecologie fonctionnelle et évolutive à Montpellier et le Laboratoire d'Ingénierie des systèmes biologiques et des procédés à Toulouse.

### Trophée des étoiles de l'Europe

Le projet européen MODEXTREME (*MODelling vegetation response to EXTREME Events*) coordonné par l'Inra de 2013 à 2016 a permis d'améliorer les systèmes de modélisation et de simulation des impacts des événements climatiques extrêmes sur les grandes cultures et les prairies. L'équipe du projet MODEXTREME a reçu le trophée des Etoiles de l'Europe lors de la cérémonie organisée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation le 4 décembre.





## 03

UNE ALIMENTATION SAIN  
ET DURABLE

#FOOD

L'approvisionnement des consommateurs, souvent urbains, en aliments sains et produits dans un souci de durabilité sur l'ensemble de la chaîne alimentaire, appelle des travaux de recherche sur les relations entre urbanité et alimentation, sur les impacts – positifs comme négatifs – des systèmes alimentaires sur la santé et sur la conception des qualités des aliments, en lien avec l'amont des systèmes alimentaires.





## FOCUS

## Une alimentation plaisir, favorable à la santé

### Le plaisir de manger chez les enfants : un facteur clé des choix alimentaires sains

Dans un contexte d'amélioration de l'état de santé de la population, les campagnes de santé publique – à destination des enfants notamment – portent surtout sur les valeurs nutritionnelles des produits, en les répartissant dans deux catégories : les produits « sains » versus les produits « gras/sucrés ». Dès leur plus jeune âge, les enfants acquièrent des valeurs nutritionnelles envers l'alimentation mais également des valeurs hédoniques (dont on distingue trois dimensions : sensorielle, cognitive et sociale). Pour étudier ce lien entre plaisir et santé, une expérimentation a été conduite auprès d'une soixantaine d'enfants âgés de 5 à 11 ans. La dominance

« hédonique » ou « nutritionnelle » des attitudes des enfants envers leur alimentation a été mesurée au moyen d'un nouvel outil sur tablette tactile composé de jeux. Les résultats montrent que les enfants qui associent le plus l'alimentation au plaisir sont ceux qui font les choix de meilleure qualité nutritionnelle. Ces résultats sont en rupture avec l'idée largement répandue selon laquelle acquérir « une conscience nutritionnelle » dès le plus jeune âge serait le garant d'une alimentation favorable à la santé. Ces travaux suggèrent au contraire que le plaisir alimentaire pourrait servir de levier dans des interventions visant à encourager la consommation d'aliments favorables à la santé de l'enfant.

*International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, DOI: 10.1186/s12966-017-0618-4.*



Cueillette des fraises  
© Inra - C.MAITRE



### INTERVIEW

## Les interactions sociales pour augmenter le plaisir de manger sain

### À quel âge se développent les préférences gustatives et alimentaires chez l'enfant ?

Chez l'Homme, les mille premiers jours de la vie constituent une période essentielle du développement, au cours de laquelle des changements majeurs dans le mode d'alimentation se produisent. Les enfants doivent apprendre à manger, mécaniquement parlant, mais aussi « quoi » manger et « combien » manger. À la fin de cette période précoce, le comportement alimentaire des enfants est largement prédictif du comportement alimentaire jusqu'au début de l'âge adulte. D'où l'importance d'élucider les facteurs précoces qui contribuent au développement du plaisir de manger conduisant à des choix alimentaires adaptés d'une part, et les périodes précoces les plus favorables à l'acquisition d'habitudes alimentaires saines et durables, d'autre part.

### Quel est l'objectif de vos travaux sur l'étude du plaisir de manger pendant l'enfance ?

L'alimentation remplit quatre fonctions : nutritionnelle, identitaire, de socialisation et enfin de plaisir. Les campagnes de santé publique ont tendance à se focaliser en priorité sur les enjeux nutritionnels. Or, les études ont montré que les objectifs de santé sont plus facilement atteints lorsque ces quatre fonctions sont prises en compte. On a ainsi identifié trois dimensions du plaisir de manger dans l'enfance : sensorielle, cognitive et sociale. Les travaux montrent que ces différentes dimensions du plaisir peuvent être utilisées comme levier pour promouvoir la consommation d'aliments sains.



«  
L'alimentation remplit quatre fonctions : nutritionnelle, identitaire, de socialisation et enfin de plaisir  
»



### Sophie NICKLAUS

Directrice de recherche au Centre des sciences du goût et de l'alimentation CSGA (AgroSup Dijon-CNRS-Inra-Université Bourgogne Franche-Comté), centre Inra Dijon Bourgogne Franche-Comté

### Quels sont ces leviers pour encourager la consommation d'aliments sains ?

On peut favoriser le plaisir de consommer des aliments sains : on a observé que le facteur sensoriel ou la densité énergétique des aliments conditionnent les choix alimentaires des enfants. Cette observation peut par exemple aider à interpréter le manque fréquent d'attraction envers les légumes. Il faut ainsi travailler sur la bonne formulation pour chaque aliment entre propriétés sensorielles et densité énergétique. Favoriser les interactions sociales positives est une autre piste : les interactions positives entre les personnes pendant les repas contribuent en effet au processus d'apprentissage du plaisir de manger chez les enfants, et pourraient être utilisées pour augmenter intentionnellement le plaisir de consommer des aliments sains. Enfin, un troisième levier repose sur la valorisation des représentations des aliments sains : une approche peut consister à « amorcer » les représentations d'aliments sains, en présentant des signaux discrets qui pourraient déclencher leur consommation.





### ► Dynamique des préférences gustatives chez le nourrisson

Les réactions des nourrissons face aux saveurs peuvent en partie expliquer leurs réactions face aux aliments porteurs de ces saveurs. Grâce au suivi de plus de 150 nourrissons de 3 à 20 mois, une description exhaustive des trajectoires d'appréciation de l'ensemble des saveurs (sucrée, salée, amère, acide et umami) ainsi que pour le gras a été obtenue. Ces trajectoires d'appréciation ont été reliées aux caractéristiques maternelles et infantiles à la naissance.

*Chemical Senses*

DOI.org/10.1093/chemse/bjx040

### Détection cérébrale du glucose : un nouveau mécanisme identifié de régulation de la prise alimentaire

Le cerveau, et plus particulièrement l'hypothalamus, est capable de détecter des variations de la glycémie grâce à la présence de neurones spécialisés dits « glucosensibles ». Parmi eux, les neurones « glucoexcités », activés par une augmentation de la concentration en glucose dans le sang, sont impliqués dans de nombreuses fonctions physiologiques telles que l'inhibition de la prise alimentaire, la sécrétion d'insuline ou l'inhibition de la production hépatique de glucose. Il a été montré que les canaux TRPC3 sont nécessaires à la détection hypothalamique du glucose par les neurones glucoexcités. Via une approche utilisant les techniques de perte de fonction, une étude montre que des souris déficientes pour ces canaux présentent une altération de la sécrétion d'insuline, ainsi qu'une augmentation de la prise alimentaire associée à une augmentation du poids corporel, démontrant l'importance de ces canaux dans le contrôle de l'homéostasie énergétique.

*Frontiers in Physiology*

DOI:10.2337/dbi16-1114



Alimentation d'un enfant  
©Inra - C.MAITRE

## FOCUS

# Des microbes partenaires de la santé et de l'alimentation

### Lactobacilles de l'intestin : des alliés en cas de sous-nutrition

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, la sous-nutrition touche encore plus de 150 millions d'enfants à travers le monde en 2017, causant de forts troubles de la croissance chez plus de 40 millions d'entre eux. Au-delà des carences nutritionnelles, des études récentes démontrent que la sous-nutrition altère aussi la mise en place et la maturation des communautés bactériennes de l'intestin (ou microbiote). Elle favorise l'installation de bactéries pathogènes au détriment d'autres souches bactériennes normalement présentes et bénéfiques pour la santé en général et la physiologie intestinale en particulier. En cas de sous-nutrition chronique, certains lactobacilles intestinaux aident à maintenir la croissance de leur hôte, en stimulant l'expression et l'activité d'enzymes digestives. Ceci se traduit par une meilleure assimilation des nutriments et donc globalement une meilleure efficacité nutritionnelle malgré la sous-nutrition. Une collaboration entre des équipes du CNRS et de l'Inra a permis d'identifier un facteur déclenchant de ce mécanisme dans un modèle drosophile-*Lactobacillus plantarum*. Il s'agit de la modification (D-alanylation) d'un élément majeur de la paroi bactérienne des lactobacilles (acides téichoïques), qui induit l'augmentation de la production d'enzymes digestives par les cellules intestinales de l'insecte. Ces études pourraient mener à la mise au point de stratégies thérapeutiques innovantes couplant re-nutrition et utilisation de souches ou composés microbiens pour des enfants sujets à des épisodes de sous-nutrition.

*Nature Microbiology*

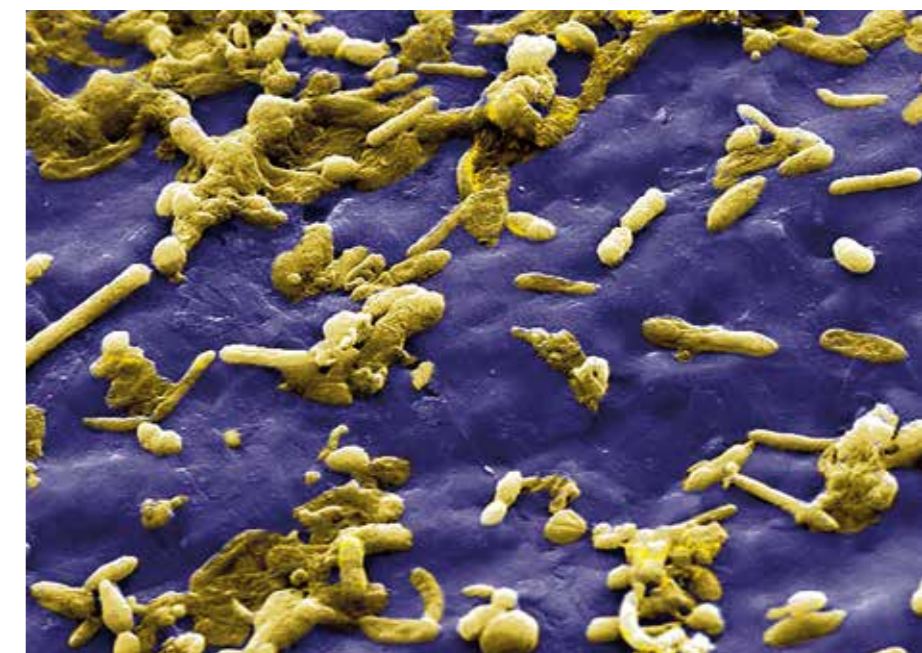
DOI : 10.1038/s41564-017-0038-x

### Le microbiote intestinal impliqué dans la colopathie fonctionnelle

La colopathie fonctionnelle affecte environ 11% de la population adulte dans les sociétés occidentales. L'analyse du microbiote de la muqueuse et des fèces de patients atteints de ce syndrome a permis d'identifier un profil du microbiote de l'intestin associé avec sa sévérité. Ce profil n'est pas lié à des différences de régimes alimentaires ou l'utilisation de médicaments.

*Gastroenterology*

DOI: 10.1053/j.gastro.2016.09.049



### Les procédés de transformation impactent la digestion des aliments et la composition du microbiote intestinal

Les aliments sont constitués de structures variées qui résultent des matières premières et des procédés de transformation mis en œuvre (cuisson, mélange, gélification, etc.). Ceux-ci peuvent moduler la vitesse et les lieux d'absorption des nutriments. Des résultats obtenus à partir d'expériences de digestion *in vitro* et chez le rat, réalisées à partir d'aliments modèles de composition identique mais conçus pour avoir des structures lipidiques et protéiques différentes, précisent l'influence de ces structures sur les vitesses des réactions enzymatiques. Ils démontrent également que la structure des aliments, modulée par les procédés, peut modifier la physiologie digestive et la composition du microbiote intestinal.

*Molecular Nutrition & Food Research*

DOI: 10.1002/mnfr.201700078.

*Food Chemistry*

DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.115.

*Molecular Nutrition & Food Research*

DOI: 10.1002/mnfr.201700570

L'alimentation des vaches module la dynamique des

Vue en microscopie électronique à balayage d'un échantillon de matière fécale humaine montrant la diversité et l'abondance de la population bactérienne  
©T.MEYLEUC



► **communautés microbiennes de la mamelle jusqu'aux fromages au lait cru**

Les Appellations d'Origine Protégée reconnaissent un lien entre un produit et son terroir et des pratiques associées. Les microbes sont vraisemblablement des acteurs déterminants du terroir. La dynamique des communautés microbiennes a été étudiée à l'aide d'outils génomiques depuis les trayons des vaches laitières jusqu'aux fromages affinés. Le type d'élevage (extensif vs. semi-extensif) a un effet important sur la composition des communautés microbiennes au niveau du trayon, lesquelles pourraient servir de réservoir pour les communautés microbiennes présentes dans les fromages. La composition de la matière grasse laitière, qui dépend également de l'alimentation des animaux, modifie les équilibres microbiens des fromages en lien avec leurs qualités sensorielles.

*Scientific Reports*

DOI:10.1038/s41598-017-18447-y

**Compréhension du métabolisme azoté**

**et des arômes en fermentation œnologique**

Une méthode d'analyse quantitative du métabolisme, basée sur la réconciliation de bilans massiques et isotopiques d'une série d'expériences de traçage isotopique a été développée pour comprendre comment les levures gèrent une ressource d'azote multiple. Cette approche a apporté un éclairage original d'une part, sur le devenir intracellulaire de chaque source d'azote en fermentation œnologique et, d'autre part, sur l'origine métabolique des acides aminés protéinogéniques et des arômes fermentaires.

*Applied and Environmental Microbiology*

85 (4), 21. DOI : 10.1128/aem.02617-16.

*Microbial Biotechnology*

DOI : 10.1111/1751-7915.12749.

*Microbial Biotechnology*

DOI: 10.1111/1751-7915.12770.



Camembert au lait cru  
©Fotolia

FOCUS

## Vers une alimentation plus durable



**Les choix des consommateurs conditionnent la durabilité des systèmes alimentaires**

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) définit les régimes alimentaires durables comme étant nutritionnellement adéquats, sains, acceptables culturellement, abordables sur le plan économique, et avec peu d'impact environnemental. La substitution de produits carnés par des aliments énergétiques d'origine végétale est considérée par les consommateurs comme un facteur de réduction des émissions de GES. La synthèse d'études évaluant l'impact environnemental et la qualité nutritionnelle et sanitaire de régimes individuels montre que certaines

substitutions isocaloriques sont susceptibles d'augmenter les émissions de GES. L'adéquation aux besoins nutritionnels est rarement ou partiellement évaluée, et la bonne qualité nutritionnelle n'est pas nécessairement associée à des coûts raisonnables, ni à de plus faibles impacts environnementaux. Par ailleurs, certains régimes non-végétariens montrent une bonne compatibilité avec les critères de durabilité de la FAO. Cette synthèse suggère que la durabilité de l'alimentation peut être améliorée sans changements majeurs de régime alimentaire.

*Nutrition Reviews*

DOI: 10.1093/nutrit/nw043

^  
©Fotolia



### ► Durabilité des relations villes-agriculture en Méditerranée

La croissance urbaine se réalise aujourd'hui en intégrant davantage l'agriculture et en la reliant à l'alimentation. Dans certains cas, ce processus est volontairement impulsé par des politiques locales s'appuyant sur le principe de durabilité (environnement, agro-écologie, alimentation locale). Dans d'autres, il est issu de mouvements informels renforcés par la crise et les politiques d'austérité qui conduisent des acteurs à s'investir dans l'autoproduction (jardins urbains) ou dans l'approvisionnement en circuits courts. L'Inra a coordonné un ensemble de recherches pluridisciplinaires étudiant la diversité des agricultures situées dans les régions urbaines méditerranéennes et leurs contributions aux enjeux de la durabilité. Les résultats montrent la diversité des relations entre les villes et leurs agricultures, entre dualisme et renouvellement des liens, mais aussi la montée d'innovations techniques, sociales et politiques, qui font des villes des laboratoires vivants pour l'agriculture et l'alimentation. Ces travaux montrent que les villes du pourtour méditerranéen sont un véritable creuset d'innovation pour l'agriculture urbaine et péri-urbaine et pour leur gouvernance, même si les contributions aux enjeux de durabilité restent encore en débat.

#### ▼ Ouvrage

DOI : 10.1007/978-3-319-71037-2  
Regional Environmental Change  
DOI : 10.1007/s10113-017-1102-z

▼ Agriculture urbaine  
Potager urbain sur le toit de l'Institut  
Culinaire Cordon Bleu à Paris  
dans le 15<sup>e</sup> arrondissement  
©Inra - C.MAITRE



### « Acheter local » pour diminuer les GES : pas forcément...

L'argument le plus utilisé pour « acheter local » est la diminution des émissions de GES liées au transport. Un modèle de systèmes urbains-ruraux avec une distribution spatiale endogène de la production alimentaire à l'intérieur des régions et entre elles montre que, dans certains cas, la production alimentaire dans les régions les moins urbanisées conduit à moins d'émissions de GES et à un meilleur niveau de vie que si toutes les régions sont auto-suffisantes. Le commerce inter-régional ne conduit donc pas nécessairement à une augmentation des émissions de GES liées au transport. L'allocation spatiale optimale de la production alimentaire n'exclut pas que certaines régions soient auto-suffisantes, à condition que leurs populations urbaines ne soient ni trop grandes, ni trop petites.

Journal of Regional Science  
DOI: 10.1111/jors.12299

### L'étiquetage au service d'une alimentation durable

Centrée sur les consommateurs, une étude sur l'étiquetage des produits alimentaires, co-construite et co-réalisée dans une démarche participative par l'Inra et l'association éco-citoyenne CLCV (Consommation, Logement, Cadre de Vie), intègre différentes dimensions d'une alimentation durable : nutrition, environnement, responsabilité sociale des entreprises... avec une attention particulière aux catégories défavorisées de la population. Elle montre que le souhait de disposer de plus d'informations n'implique pas nécessairement leur usage dans l'acte d'achat. Elle débouche sur des recommandations pour améliorer l'information sur les emballages que les consommateurs jugent incomplète, peu claire et peu fiable et qu'ils peinent à utiliser efficacement.

Etude : <https://url.inra.fr/2JyuUe1>

### Prix

Le prix du meilleur article scientifique de l'European Association of Agricultural Economists (EAAE) a été décerné à Pascal Leroy, Vincent Réquillart et Louis Georges Soler pour leurs travaux d'évaluation des coûts et des bénéfices de diverses recommandations alimentaires et nutritionnelles. Ces travaux reposent sur une approche économique originale prenant en compte le comportement des consommateurs. Il apparaît que pour nombre de recommandations les politiques d'information des consommateurs présentent un bilan coût-bénéfice favorable suggérant qu'il est pertinent d'intensifier ces campagnes de promotion.

## FOCUS

# Exposition et sûreté des chaînes alimentaires

### Utilisation du poisson zèbre pour tester l'activité de perturbateurs endocriniens

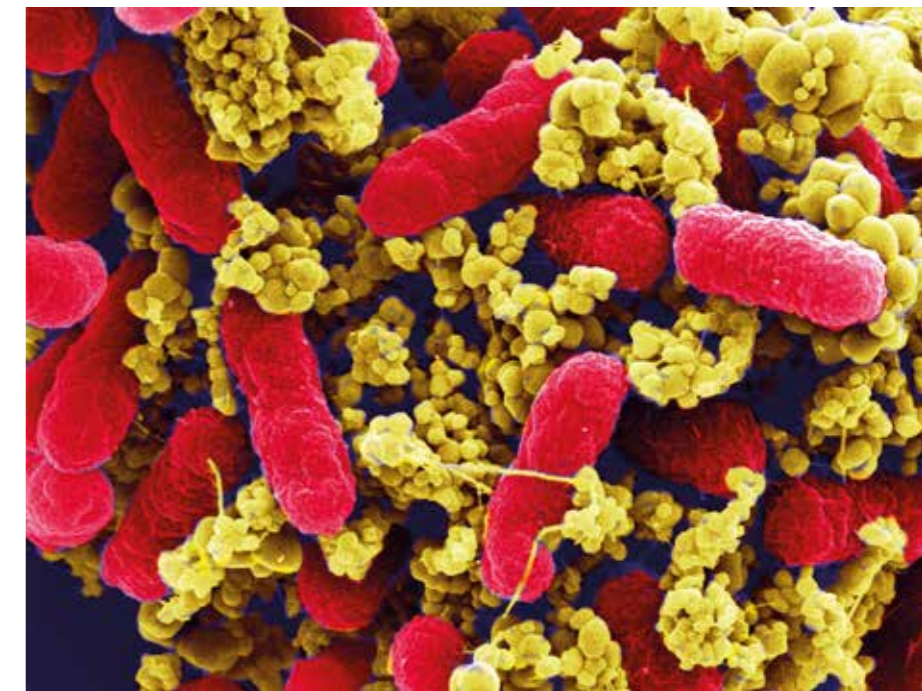
L'activité de perturbateurs endocriniens du bisphénol A (BPA), conduisant à des effets néfastes sur la santé humaine en particulier via ses interactions avec des récepteurs à œstrogènes, a été démontrée par de nombreuses études. Son utilisation au contact de la nourriture a été interdite ou restreinte dans plusieurs pays mais d'autres bisphénols sont aujourd'hui utilisés et détectés dans l'environnement. Il est donc essentiel d'évaluer l'impact sur le système endocrinien d'autres bisphénols de structure proche utilisés comme alternatives au BPA. L'activité œstrogénique du BPA, du bisphénol S (BPS) et du bisphénol F (BPF) a été évaluée chez le poisson zèbre en utilisant une combinaison d'approches *in vivo* et *in vitro*. L'étude démontre l'activité œstrogénique du BPA, du BPS et du BPF dans différents contextes tissulaires et cellulaires et à différents stades de développement. Elle confirme l'intérêt de combiner des approches à l'échelle cellulaire et à celle de l'organisme chez le poisson zèbre pour étudier les effets de perturbateurs endocriniens potentiels.

Ecotoxicology and Environmental Safety  
DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.04.009

### « Une exposition périnatale au BPA induit des modifications séquentielles sur le système alimentaire et sur le microbiote intestinal »

### Bisphénol A et obésité

Des études épidémiologiques ont montré que le bisphénol A (BPA) contribue à l'obésité et au diabète de type II chez l'Homme. Des travaux réalisés chez la souris indiquent qu'une exposition périnatale au BPA induit des modifications séquentielles sur le système immunitaire et sur le microbiote intestinal, ainsi qu'une altération



Interactions entre les nanoparticules alimentaires de dioxyde de titane (additif alimentaire E171), et les bactéries *Escherichia coli*  
©M.MERCIER-BONIN et C.CHRISTEL

de la tolérance au glucose des jeunes adultes. Ces événements sont suivis d'obésité à un âge plus tardif. Les résultats obtenus permettent une meilleure compréhension de la chronologie des événements associés à l'apparition de l'obésité suite à l'exposition périnatale au BPA.

Scientific Reports  
DOI: 10.1038/s41598-017-15196-w

### Premiers résultats de l'exposition orale aux nanoparticules de dioxyde de titane

Utilisé dans divers domaines (cosmétiques, crèmes solaires, peintures et matériaux de construction), le dioxyde de titane (ou TiO<sub>2</sub>) est aussi un additif très courant dans l'industrie agroalimentaire (connu sous le code E171 en Europe) pour ses propriétés de colorant blanc et d'opacifiant. Il est utilisé dans des bonbons, des produits chocolatés, biscuits et chewing-gums, ainsi que dans des compléments alimentaires. Il est également présent dans des dentifrices et des produits pharmaceutiques. Composé de micro- et de nanoparticules, le E171 n'est cependant pas soumis à l'étiquetage « nanomatériau » puisqu'il n'est pas composé à plus de 50% de nanopar-



➤ ticales (en général 10 à 40%). Des travaux réalisés sur le rat démontrent pour la première fois que l'additif E171 est une source de nanoparticules de dioxyde de titane pour l'intestin et le reste de l'organisme, avec des effets sur les fonctions immunitaires et sur le développement de lésions préneoplasiques dans le côlon. Ces premiers résultats justifient une étude de cancérogénèse, selon les lignes directrices de l'OCDE, afin de compléter ces observations à un stade plus avancé de la pathologie. Ils fournissent de nouvelles données pour l'évaluation du risque de l'additif E171 pour l'Homme.

*Scientific Reports*  
DOI: 10.1038/srep40373

#### Quand *Listeria monocytogenes* s'endort...

Infection grave d'origine alimentaire due à la bactérie *Listeria monocytogenes*, la listériose est associée à des manifestations cliniques sévères et un taux de mortalité élevé chez les individus dont le système immunitaire est affaibli. Elle affecte également les animaux d'élevage. La capacité originale de *L. monocytogenes* à générer des formes intracellulaires dormantes dans certaines cellules épithéliales hébergées, de façon insoupçonnée, chez leur hôte a été mise en évidence par des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec des collègues de l'Institut Pasteur. Ces connaissances devraient permettre à terme de proposer de nouvelles stratégies thérapeutiques et diagnostiques, et conduire à une meilleure gestion du risque lié à un contaminant alimentaire microbien.

*PLoS Pathogens*  
DOI: 10.1371/journal.ppat.1006734

#### Microbiote et contaminants alimentaires : une mycotoxine amplifie l'action génotoxique d'une bactérie intestinale

Les mycotoxines sont les contaminants naturels les plus couramment présents dans l'alimentation humaine et animale. L'une d'elles, le déoxynivalénol ou DON, est produite par des moisissures de la famille des *Fusarium* se développant principalement chez les céréales. Les populations humaines y sont largement exposées en Europe et en Amérique du Nord par leur alimentation. Des chercheurs de l'Inra et leurs partenaires ont étudié, *in vitro* et *in vivo* chez l'animal, les conséquences de la présence simultanée dans l'intestin de DON et d'*Escherichia coli* produisant la colibactine, suspectée d'être impliquée dans le développement du cancer colorectal. Ils montrent ainsi que la présence de la mycotoxine renforce le caractère génotoxique des *E. coli* du groupe B2.

*mBio*  
DOI: 10.1128/mBio.00007-17

#### Les viandes bio contiennent plus de contaminants chimiques

Le conseil scientifique pour l'agriculture biologique soulignait en 2011 que 95% des consommateurs français citaient la santé humaine et notamment les faibles teneurs en contaminants chimiques comme premier motif d'achat des produits « bio », mais aucune étude scientifique ne démontre clairement le bien-fondé de ces allégations. En prenant la viande comme modèle, la première étude de référence évaluant objectivement les risques et bénéfices éventuels des systèmes de production d'aliments « bio » et conventionnels au regard de leur teneur en plus de 250 contaminants chimiques (micropolluants environnementaux, mycotoxines, métaux lourds, résidus de traitements phytosanitaires ou vétérinaires) a été réalisée. Pour l'ensemble des contaminants chimiques recherchés, les niveaux de contamination sont en deçà des valeurs réglementaires européennes, que ce soit en « bio » ou en conventionnel. En revanche, les teneurs en contaminants chimiques issus de l'environnement sont significativement plus élevées dans les viandes issues d'agriculture biologique. Qu'il s'agisse de porcs, de volailles ou de bovins, les durées d'élevage supérieures et l'accès systématique aux parcours extérieurs pourraient être à l'origine d'une bioaccumulation accrue des polluants environnementaux en systèmes d'élevage « bio ».

*Food Chemistry*  
DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.013.  
*Chemical Ontology*  
DOI: 10.1016/j.fct.2017.10.032

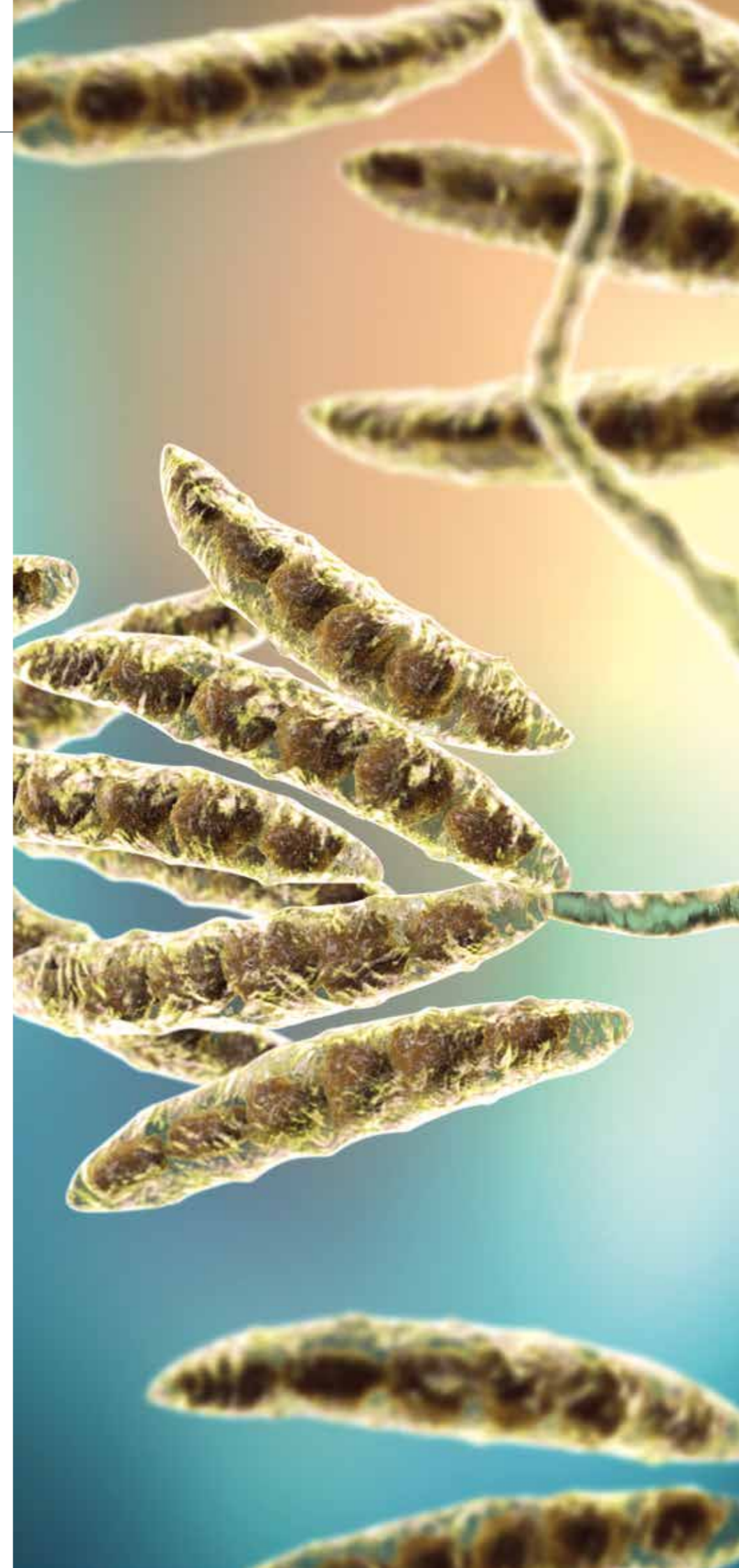
#### « Les mycotoxines sont les contaminants naturels les plus couramment présents dans l'alimentation humaine et animale

#### » Du gluten dans les emballages alimentaires : un détecteur de dioxyde de carbone

Les propriétés diélectriques du gluten de blé sont modifiées au contact de dioxyde de carbone dans des conditions d'humidité relative élevée et à 25°C, en raison d'un changement structural du gluten. Ces résultats ouvrent la voie à la création d'étiquettes intelligentes, associant du gluten à une puce RFID (*radio frequency identification*) pour détecter la présence de dioxyde de carbone dans les emballages alimentaires, et renseigner sur l'état de fraîcheur du produit, via un smartphone ou un réfrigérateur connecté.

*Sensors and Actuators B-Chemicals*  
DOI: 10.1016/j.snb.2017.03.164

< *Fusarium* qui produisent des mycotoxines dans les cultures céréalières et affectent les humains et les animaux  
©Fotolia





## 04

DES BIORESSOURCES AUX  
USAGES COMPLÉMENTAIRES

#BIORES

Si l'alimentation de nos concitoyens est l'objectif premier des systèmes alimentaires et de l'agriculture, ce lien n'a jamais été exclusif et n'est pas voué à le devenir. Les bioressources agricoles ont aussi d'autres usages comme par exemple la production de matériaux, de molécules ou d'énergie. Les enjeux de durabilité sont le bouclage des cycles biogéochimiques et la connexion des filières alimentaires et non-alimentaires. Ce champ de la bioéconomie, en pleine transition conceptuelle et technologique, nécessite des approches systémiques.

>  
LBE - Laboratoire de Biotechnologie  
de l'Environnement - Narbonne  
Inra - Occitanie-Montpellier





## FOCUS

## Remédiation et recyclage

Dispositifs pilotes pour l'étude de la faisabilité de la phytoextraction des métaux par des plantes hyperaccumulatrices  
©C.SCHWARTZ

**Agromine : la culture du métal**

Il est de plus en plus difficile de répondre à la demande en certains minéraux (terres rares, platine, nickel, cobalt) en raison de l'épuisement de ces ressources ou de facteurs géopolitiques. La propriété de certaines plantes d'accumuler du métal pourrait permettre de répondre aux besoins. Suite à l'animation d'un réseau européen et d'un réseau international sur l'agromine, filière intégrée de production de métaux stratégiques par des cultures agro-écologiques de plantes hyperaccumulatrices de métaux et des procédés métallurgiques de synthèse à partir des biomasses produites, le Laboratoire Sol et Environnement de Nancy a conçu et édité un ouvrage collectif qui représente la première synthèse mondiale sur le sujet. Cet ouvrage fournit, entre autres, des informations sur la distribution et l'écologie des plantes hyperaccumulatrices, l'influence des microbes de la rhizosphère, les outils d'identification de ces plantes et de compréhension de leur physiologie. Il propose des solutions agronomiques de réhabilitation de sols contaminés et fait le point sur les processus de transformation des bio-minéraux et produits associés.

Ouvrage : DOI 10.1007/978-3-319-61899-9

**Création du Groupement d'Intérêt Scientifique APIVALE sur la valorisation des effluents organiques**

L'Inra, l'Irstea, l'Anses, Agrocampus Ouest, l'Université Bretagne Sud et l'Université de Rennes 1 ont signé le 12 septembre un protocole d'accord pour la création du Groupement d'Intérêt Scientifique APIVALE. Les partenaires du groupement scientifique partagent la même ambition d'une approche renouvelée et plus systémique de la valorisation des effluents organiques sur les territoires, dans le cadre d'une agriculture plus durable.

**Dégradation des carbamates : des solutions dans le microbiote du rumen**

La bioremédiation des polluants est un enjeu global majeur et il est essentiel de mettre au point de nouveaux procédés pour dégrader les xénobiotiques et les polymères contaminant l'environnement. Parmi eux, les carbamates ont un spectre d'utilisation très large, allant des pesticides toxigéniques à des élastomères. La recherche d'enzymes dégradant les carbamates dans le rumen bovin a permis d'isoler 26 clones ayant

« La bioremédiation des polluants est un enjeu global majeur »

une activité estérase et capables de dégrader au moins un des insecticides ou des polyuréthanes testés. La caractérisation détaillée du clone le plus actif a montré qu'il contenait un gène codant pour une nouvelle carboxyl-ester hydrolase de la famille lipolytique IV. Ces résultats démontrent le potentiel d'utilisation de microbiotes diversifiés comme celui du rumen pour découvrir des enzymes variées exploitables pour des usages industriels.

PLoS ONE

DOI: 10.1371/journal.pone.0189201



## FOCUS

## Biotechnologies industrielles

### Des peptides à activité antibiotique

Des chercheurs de l'Inra et de l'Inserm ont découvert un nouveau type d'enzymes bactériennes capables de produire des peptides à activité antibiotique. L'étude de deux gènes de *Bacillus subtilis* codant pour un peptide et une enzyme appartenant à la super-famille dite des « enzymes à radical SAM » a permis de décrire un nouveau mécanisme enzymatique capable de transformer un peptide en une molécule bio-active. Appelée « épimérisation », cette transformation enzymatique entraîne le changement de configuration de certains acides aminés de la configuration L (lévogyre, configuration normale des peptides) vers la configuration D (dextrogyre). Le peptide ainsi modifié et appelé « épipeptide », est capable d'inhiber très efficacement la croissance de *Bacillus subtilis*. Olivier Bertheau a reçu le soutien du Conseil Européen de la Recherche pour développer, à partir de ces peptides à activité antibiotique, des molécules d'intérêt pharmaceutique et concevoir une nouvelle génération d'antibiotiques contre les

bactéries Gram-positif (comme les staphylocoques, les entérocoques ou les streptocoques) dont la résistance croissante aux antibiotiques représente un problème majeur de santé publique.

*Nature Chemistry*  
DOI: 10.1038/nchem.2714

### Nouvelle étape franchie dans la substitution à la pétrochimie

Un des grands défis de la biotechnologie industrielle actuelle est d'utiliser des microorganismes pour produire des molécules chimiques à partir de sources de carbone dites « renouvelables » comme la cellulose et les hémicelluloses composant le bois et la paille. Un des objectifs de cette approche est de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et de rétablir un cycle normal du carbone terrestre. Une équipe de l'Inra, en partenariat avec la société industrielle Adisseo et le démonstrateur pré-industriel issu du Programme d'Investissements d'Avenir, Toulouse White Biotechnology, a réussi la prouesse scientifique de construire une voie métabolique entièrement nouvelle qui, exprimée dans une bactérie, permet à celle-ci de produire de l'acide 2,4 dihydroxybutyrique à partir de glucose. Ce synthon chimique peut être converti en méthionine, un acide aminé essentiel en nutrition animale produit aujourd'hui exclusivement par un procédé pétrochimique. Un large panel d'autres produits d'application dans les secteurs de la chimie, de l'aéronautique et de l'industrie pharmaceutique peuvent aussi être obtenus à partir de ce synthon moyennant quelques réactions chimiques ou biochimiques déjà connues et maîtrisées.

*Nature Communications*  
DOI: 10.1038/ncomms15828

« [...] une équipe de l'Inra a reconstruit le premier réseau de gènes de régulation comprenant 111 facteurs de transcription, 4 451 gènes et 17 058 interactions de régulation »



### Des avancées majeures pour l'utilisation de la levure *Yarrowia lipolytica* en biotechnologie

L'ingénierie métabolique des systèmes (*Systems Metabolic Engineering - SME*) vise à combiner les approches de différentes disciplines pour mettre au point des microorganismes capables de produire des molécules d'intérêts (biocarburants, synthons nécessaires à la chimie blanche, à l'oléo-chimie et à l'industrie pharmaceutique). Ce champ de recherche émergent nécessite une bonne connaissance des réseaux métaboliques et la mise au point d'outils comme des promoteurs inducibles et des marqueurs cataboliques. Afin de pouvoir utiliser la levure *Yarrowia lipolytica* comme plate-forme industrielle, une équipe de l'Inra a reconstruit le premier réseau de gènes de régulation comprenant 111 facteurs de transcription, 4 451 gènes et 17 058 interactions de régulation. Ce réseau a permis d'identifier et valider expérimentalement des facteurs de transcription impliqués dans la production de lipides. L'équipe a également mis au point des promoteurs hybrides inducibles par un substrat hydrophile et un marqueur catabolique chez *Y. lipolytica* à partir de la découverte de deux gènes du catabolisme de l'érythritol. Ces gènes ont permis la construction de souches optimisées pour la production d'érythritol (édulcorant) et d'érythrulose (synthon pour la chimie et la cosmétique).

Le réseau permettra de guider la construction et l'optimisation de souches adaptées aux conditions industrielles tout en améliorant la compréhension des mécanismes régissant ces usines cellulaires. Les promoteurs synthétiques et les marqueurs permettront d'accélérer la construction de souches châssis robustes pour la production de biomolécules.

*Systems Biology and Applications*

DOI: 10.1038/s41540-017-0024-1

*Appl. Microbiol. Biotechnol*

DOI: 10.1007/s00253-017-8361-y

*Metab Eng.*

DOI: 10.1016/j.jymben.2017.05.00

*J. Microbiol. Methods*

DOI: 10.1016/j.mimet.2017.05.012

*Microbial Cell Factories*

DOI: 10.1186/s12934-017-0755-0

Brevets : N° EP2017/060823 et EP17305575.7

## BRÈVES

Des médailles d'or au concours iGEM du MIT à Boston



Organisée par le MIT (Massachusetts Institut of Technology, USA) depuis 2004, l'iGEM (*International Genetically Engineered Machine*) est une compétition internationale de biologie synthétique ouverte à des équipes d'étudiants du monde entier ayant travaillé à l'élaboration et à la conception d'un système biologique innovant. Des équipes de l'INSA-Université Paul Sabatier de Toulouse et de Evry Paris-Saclay, soutenues par des chercheurs de l'Inra qui participent à leur formation en biologie de synthèse, ont reçu des médailles d'or pour leurs projets concernant - la détection et l'élimination des bactéries responsables du choléra dans l'eau contaminée et - le développement d'une méthode de screening rapide basé sur l'utilisation d'un biosenseur.



04

Biomasse après hydrolyse enzymatique, projet FUTUROL  
©Inra - B.NICOLAS







### Parasitisme électronique dans les écosystèmes microbiens

Au sein d'un écosystème, les microorganismes peuvent partager de l'énergie grâce à des transferts d'électrons. Ce transfert peut se faire par l'échange de molécules telles que le dihydrogène ou le formiate, ou par transfert direct d'électrons par contact physique entre cellules ou grâce à des pili (appendices de surface) conducteurs. Des expériences ont montré que *Geobacter sulfurreducens* est capable d'utiliser la bactérie fermentaire *Clostridium pasteurianum* comme accepteur d'électrons. Contrairement aux autres cas de transferts d'électrons inter-espèces décrits jusqu'alors, celui-ci handicape la croissance de la bactérie accepteuse d'électrons, ce qui constitue le premier cas documenté de parasitisme électronique.

Ce phénomène ouvre de nouvelles perspectives pour la compréhension des interactions dans les écosystèmes microbiens et pour le pilotage des communautés fermentaires dans les bioprocédés. Ce parasitisme électronique modifie en effet le bilan de la fermentation avec une diminution de la production de biomasse et une production accrue de produits réduits (comme le 1,3-propanediol à partir de la fermentation de glycérol). Ceci permet d'envisager l'utilisation de microbes électroactifs ou d'électrodes pour le pilotage des fermentations qui constitue actuellement un défi majeur pour la bioraffinerie environnementale.

*Scientific Reports*  
DOI : 10.1038/srep44334  
*Scientific Reports*  
DOI 10.1038/s41598-017-07593-y



> Le Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE) situé à Narbonne, centre Inra Occitanie-Montpellier, ©Inra - B.NICOLAS

### INTERVIEW

## Orienter les fermentations de déchets

Pouvez-vous nous expliquer le cadre de vos recherches sur les écosystèmes microbiens au sein du Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE) de Narbonne ?

Les recherches menées au LBE s'articulent autour du concept de bioraffinerie environnementale et ont pour objectifs de concevoir, de mettre en œuvre et d'optimiser des procédés biologiques sobres et performants pour le développement de filières durables de valorisation et/ou traitement des déchets. Dans ce contexte, mes recherches visent à mieux comprendre les règles régissant les écosystèmes microbiens au cœur du fonctionnement de ces bioprocédés, dans le but de développer des modèles explicatifs et prédictifs pour le contrôle et l'optimisation de ceux-ci.

Quels sont les grands défis pour les bioraffineries environnementales ?

A la différence des biotechnologies blanches qui utilisent des cultures pures et des substrats contrôlés, les bioprocédés de traitement de matière organique résiduelle sont confrontés à la variabilité et à la complexité des substrats ainsi qu'à des flux de microorganismes provenant de l'extérieur. L'idée est donc d'utiliser des systèmes sobres et robustes qui tirent parti des écosystèmes microbiens complexes. Le principal défi est ici de piloter ces bioprocédés pour optimiser leurs performances et assurer la stabilité de leur fonctionnement.



L'idée est d'utiliser des systèmes sobres et robustes qui tirent parti des écosystèmes microbiens complexes



**Elie DESMOND-LE QUEMENER**  
Chargé de recherche Inra sur Modélisation des interactions biotiques dans des écosystèmes microbiens au Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE)

Comment envisagez-vous d'utiliser concrètement le parasitisme observé entre *Geobacter* et *Clostridium* ?

Le parasitisme observé entre *Geobacter* et *Clostridium* peut mener à un moyen de contrôle et de stabilisation biologique des écosystèmes. Il permet d'envisager l'ajout de microbes électroactifs comme *Geobacter* ou l'utilisation d'électrodes pour orienter les fermentations de déchets vers la production de molécules d'intérêt telles que l'hydrogène ou des molécules plateformes pour la chimie verte. On peut même envisager élargir l'utilisation de ces méthodes au-delà des bioraffineries environnementales pour l'amélioration des fermentations alimentaires ou des biotechnologies blanches.

Par ailleurs, cette découverte permet de mieux comprendre les interactions microbiennes mises en jeu dans les écosystèmes microbiens complexes et démontre l'importance de les prendre en compte pour l'amélioration de la modélisation et du contrôle des bioprocédés.





## 05

UNE AMBITION GLOBALE :  
LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

#GLOBAL

À l'échelle mondiale, les systèmes alimentaires sont soumis à de fortes contraintes liées notamment à des transitions majeures : démographique, nutritionnelle, climatique, énergétique... L'Inra projette son action sur la scène internationale pour analyser et comprendre les déterminants, les processus et les conséquences des transitions en cours, à des échelles spatiales complémentaires de celles de ses autres priorités thématiques et pour contribuer notamment à l'objectif de sécurité alimentaire.





>  
Profil de sol  
©S.FORMISANO

## FOCUS

## Les sols au cœur du débat sur les transitions climatiques, démographiques, énergétiques et environnementales

### Impacts environnementaux du changement d'affectation des sols

Une étude conduite par l'Inra et l'Ademe à l'échelle internationale montre que les changements d'affectation des sols (cultures, forêts, prairies) sont liés majoritairement à la production de biomasse pour la bioénergie et à l'urbanisation, avec des impacts majeurs sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), l'eau et la biodiversité. Le changement climatique apparaît à la fois comme un élément de contexte - il modifie les conditions de culture, ce qui peut entraîner des changements d'affectation des sols - et comme une conséquence - les changements d'affectation des sols peuvent entraîner un stockage ou un déstockage de carbone, ce qui a un effet en retour sur le climat.

Etude : <https://url.inra.fr/2r3Piq8>

### Prédiction et quantification des émissions de N<sub>2</sub>O

Les sols agricoles représentent une forte source d'émissions de protoxyde d'azote, N<sub>2</sub>O, un GES principalement d'origine agricole. La variabilité spatiale des émissions de N<sub>2</sub>O est très importante à toutes les échelles, ce qui entraîne de grandes difficultés expérimentales et une forte incertitude sur leur quantification à l'échelle du paysage. Dans le cadre de l'alliance globale de recherche sur les gaz à effet de serre (Global Research Alliance- GRA) et de projets FACCE-JPI, l'Inra a coordonné l'évaluation et l'inter-comparaison de 24 modèles de culture internationaux considérés individuellement et comme un ensemble, sur neuf sites expérimentaux (cultures en

rotation et prairies) répartis sur 4 continents. Les résultats montrent que l'utilisation conjointe d'un ensemble de modèles avec une calibration partielle permet de prédire avec une précision satisfaisante la production végétale et, dans une moindre mesure, l'intensité des émissions de N<sub>2</sub>O.

En outre, grâce à une campagne de mesures, la pertinence d'une méthodologie permettant de quantifier les émissions du N<sub>2</sub>O à l'échelle du paysage, avec une résolution spatiale à l'échelle de la parcelle, a été démontrée. Cette méthodologie associe des mesures (eddy covariance, fast box, chambres automatiques) et un modèle d'empreinte atmosphérique au développement d'une méthode d'attribution des flux. Les émissions sur 2 mois et 3 km<sup>2</sup> sont évaluées entre 114 et 271 kg N-N<sub>2</sub>O. Ce travail a été conduit dans le cadre du projet européen d'infrastructure InGOS (*Integrated non-CO<sub>2</sub> Greenhouse gas Observing System*).

*Global Change Biology*

DOI: 10.1111/gcb.13965

*Agriculture, Ecosystems & Environment*

DOI: 10.1016/j.agee.2017.06.012



Les émissions sur 2 mois et 3 km<sup>2</sup> sont évaluées entre 114 et 271 kg N-N<sub>2</sub>O





➤ **Les sols agricoles : une solution pour le changement climatique et la sécurité alimentaire**

La réduction de la déforestation et l'augmentation de la séquestration de carbone dans les sols agricoles pourraient fortement réduire les émissions de GES à l'origine du changement climatique. Pour éviter les risques pour la sécurité alimentaire liés à une baisse de production et une potentielle hausse des prix en cas de taxes sur les émissions de GES d'origine agricole, une étude de IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*) conduite en partenariat avec l'Inra propose de rémunérer le stockage de carbone dans la matière organique des sols, encourageant indirectement la production alimentaire. Les sols agricoles pourraient ainsi fournir une solution clé pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique ainsi que pour la sécurité alimentaire. Cependant, des efforts considérables seront nécessaires pour organiser la transition vers des pratiques agricoles renforçant la matière organique et le carbone du sol.

*Environmental Research Letters*  
DOI: 10.1088/1748-9326/aa8c83

**Lancement du projet européen CIRCASA**

Coordonné par l'Inra et lancé en octobre 2017, CIRCASA (*Coordination of International Research Cooperation on soil Carbon Sequestration in Agriculture*) rassemble 23 organisations de tous les continents. Il vise à développer les collaborations et les synergies internationales dans le domaine de la recherche sur la séquestration du carbone dans les sols agricoles avec l'engagement actif de toutes les parties prenantes.

**Participation à la réunion annuelle de l'initiative « 4 pour 1000 » à Bonn en marge de la COP 23**

Fortement engagé dans l'initiative internationale « 4 pour 1000 », qui vise à montrer que les sols agricoles peuvent jouer un rôle crucial pour la sécurité alimentaire et le changement climatique, l'Inra a participé à la réunion annuelle de l'initiative en marge de la COP 23 à Bonn le 16 novembre 2017.



**BRÈVE**

**Séminaire de conclusion du programme ARIMNet2**

Les 24 partenaires des 15 pays impliqués dans l'ERA-Net ARIMNet2, coordonné par l'Inra, se sont réunis à Montpellier du 11 au 13 octobre pour faire le bilan des quatre années du programme centré sur la recherche agricole dans la région méditerranéenne. Les partenaires ont développé une vision commune des défis et des priorités pour la région et ont mis en place un cadre de coopération basé sur la confiance et sur des mécanismes de financement transnationaux. Le réseau créé dans le cadre d'ARIMNet2 sera essentiel pour mettre en œuvre le programme de recherche et d'innovation PRIMA (*Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area*) soutenu par l'Europe.

Station de collecte des données de la fosse pédologique du site de Grignon, centre de Versailles-Grignon  
©W.BEAUCARDET

05





## 06

UNE SCIENCE OUVERTE  
GRÂCE AU NUMÉRIQUE

#OPENSOCIENCES

La révolution numérique modifie profondément le travail des chercheurs : de nouvelles questions de recherche vont émerger de jeux de données sans précédent, aujourd'hui disponibles et partagés au sein de la communauté scientifique et avec nos concitoyens. Ce constat invite à imaginer un nouveau partage du travail entre producteurs et analystes de données, à revisiter les modalités d'analyse des données massives et à contribuer à l'essor d'une économie de l'information.





## FOCUS

## Des infrastructures connectées et ouvertes

### Lancement des infrastructures européennes EPPN<sup>2020</sup> et VetBioNet

L'infrastructure EPPN<sup>2020</sup> (*European Plant Phenotyping Network 2020*, [https://eppn2020.plant-phenotyping.eu/EPPN2020\\_home](https://eppn2020.plant-phenotyping.eu/EPPN2020_home)) ouvre l'accès à 31 plates-formes de phénotypage européennes clés (dont 7 portées par l'Inra) et a pour ambition d'accompagner l'évolution des compétences de la communauté scientifique en matière de phénotypage, des capteurs à l'analyse d'image en passant par l'analyse des données en relation avec les conditions environnementales, l'organisation et le stockage des données, ainsi que leur interprétation dans des contextes biologiques complexes et dans le cadre de méta-analyses d'expériences réalisées sur différents organes et à différentes échelles. Ce programme permettra de mieux exploiter la diversité génétique et génomique en amélioration des plantes.

L'infrastructure VetBioNet (*Veterinary Biocontained facility Network for excellence in animal infectious disease research and experimentation*, <http://www.vetbionet.eu/>), qui fédère 28 partenaires issus de 12 pays, a pour objectif de renforcer la coopération et l'accessibilité des plates-formes d'infectiologie européennes pour mieux connaître les maladies animales (transmissibles à l'homme ou non), mieux les contrôler et prévenir leurs effets dévastateurs.



### Deux nouveaux projets d'infrastructures européennes

L'Inra coordonne deux projets d'infrastructures de recherche européennes intégrées « *Starting Communities* » sélectionnés en 2017.

Le projet Smartcow a pour objectif d'améliorer la capacité de recherche et d'innovation du secteur bovin pour répondre aux grands défis auxquels il fait face : utilisation plus efficace de la biomasse, compétitivité et durabilité des systèmes d'élevage, production de produits animaux sains pour l'alimentation. La plateforme Smartcow ouvre aux chercheurs européens du monde académique et professionnel 11 infrastructures de recherche localisées dans 7 pays. Elle regroupe près de 2 500 vaches laitières et 1 000 vaches allaitantes et concerne des systèmes d'élevage diversifiés, allant de zones d'élevage herbagères à des territoires intensifs. L'infrastructure coordonnera des activités de recherche centrées sur la nutrition, la physiologie et le comportement animal, en mettant l'accent sur les rejets de gaz à effet de serre et la recherche de biomarqueurs (sang, lait, fèces) pour travailler sur le potentiel de développement de l'animal. Le développement de protocoles permettant de réduire l'utilisation d'animaux en expérimentation et l'utilisation de capteurs pour améliorer la conduite des troupeaux sont également des priorités. Le projet IBISBA 1.0 (*Industrial Biotechnology Innovation and Synthetic Biology Accelerator*) coordonnera les plates-formes dédiées à la biotechnologie industrielle et à la biologie de synthèse de 14 partenaires européens, pour lever les verrous tant biologiques que technologiques rencontrés lors du développement de bioprocédés industriels.

Les deux projets porteront une attention particulière à la standardisation, l'interopérabilité, et à l'accessibilité des données.



...accompagner l'évolution des compétences de la communauté scientifique en matière de phénotypage



### Une e-infrastructure pour analyser et référencer les données de métabolomique

La métabolomique est une approche clé en génomique fonctionnelle et en biologie des systèmes. En raison de la complexité des données, de la variété des plans d'expérience, et de la multiplicité des outils de bioinformatique, il est important de mettre à la disposition des expérimentateurs des ressources simples et efficaces pour analyser leurs données de façon rigoureuse et efficace. Dans le cadre d'une collaboration entre l'infrastructure de métabolomique MetaboHUB et l'IFB (Institut français de bioinformatique), des pipelines d'analyse de données ont été mis en place pour les approches de LC/MS, FIA-MS, GC-MS et de résonance magnétique nucléaire. L'e-infrastructure Workflow4Metabolomics 3.0 (<http://workflow4metabolomics.org>) est le premier entrepôt de métadonnées en métabolomique avec des identifiants uniques (DOI). Elle permet d'analyser sur la même plate-forme les données des 4 technologies les plus utilisées en métabolomique.

*The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*  
DOI: 10.1016/j.biocel.2017.07.002

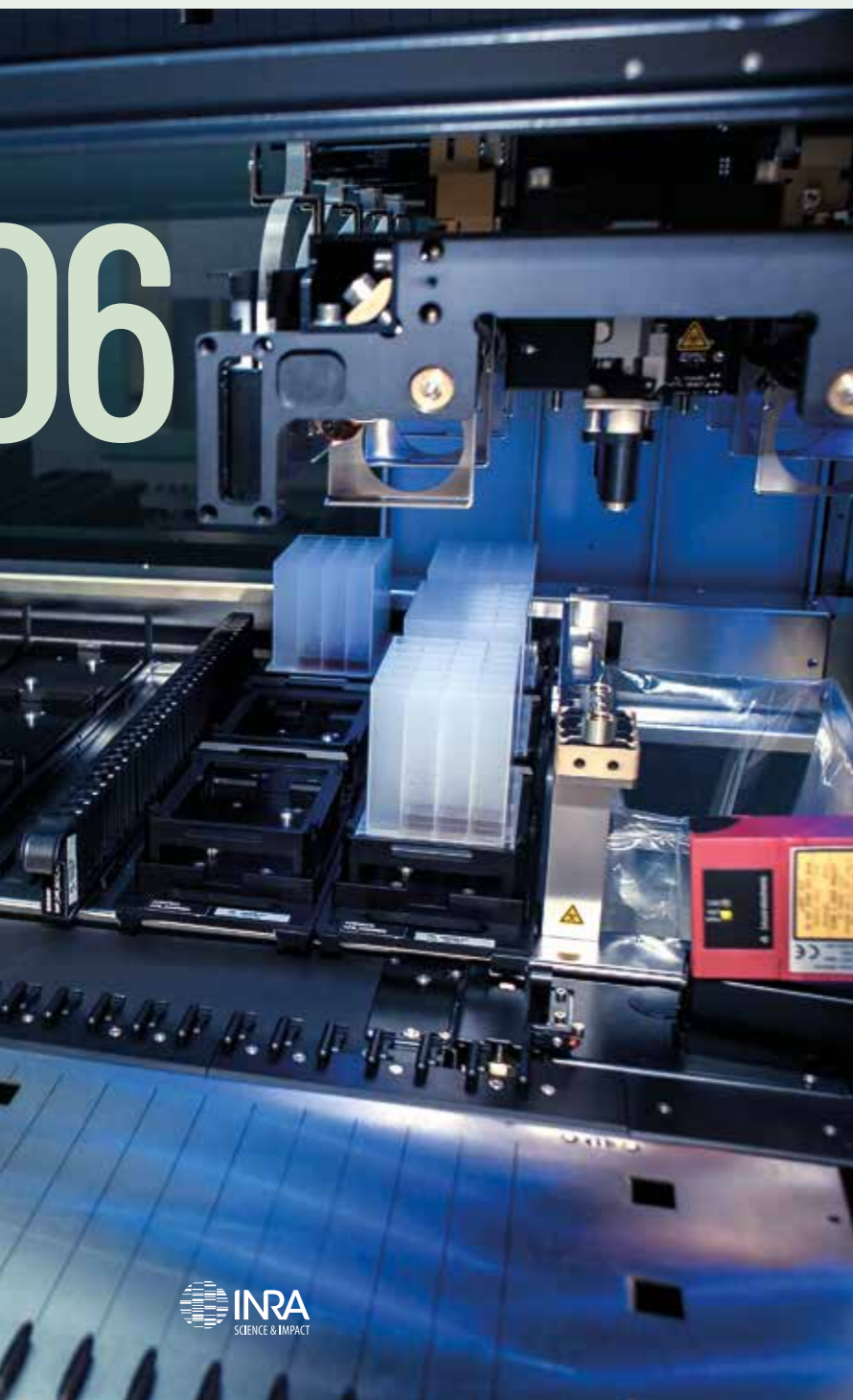
Dispositif d'irrigation des plantes de la plateforme de phénotypage Phenoarch géré par station informatisée  
©Inra C.SLAGMULDER





## FOCUS

## Des approches prédictives en biologie

**Les vaches, des modèles pour la prédiction de maladies génétiques humaines**

Chez l'Homme, la description clinique et l'étude moléculaire des syndromes rares sont souvent rendues difficiles par le faible nombre de patients atteints et les difficultés rencontrées pour développer des souches d'animaux modèles pour les anomalies génétiques dominantes les plus sévères. À l'inverse, la structure des populations bovines et les quantités de données phénotypiques et génomiques disponibles chez cette espèce permettent d'identifier rapidement les mutations causales et d'étudier leurs effets sur des cohortes importantes d'animaux atteints. Une équipe internationale menée par l'Inra, en collaboration avec ALLICE (Union de coopératives d'élevage), le CEA et VetAgroSup, a illustré les nombreuses opportunités offertes par le modèle bovin. Les chercheurs ont identifié des mutations candidates pour sept anomalies génétiques en séquençant le génome complet d'un animal atteint et en le comparant aux génomes de plus de mille individus contrôles. Ils ont confirmé que ces mutations étaient apparues de novo et qu'elles étaient bien la cause de ces syndromes. Des examens cliniques ont permis d'observer des corrélations génotype-phénotype parfaites entre les cas bovins et les patients humains présentant des mutations dans les mêmes domaines des mêmes protéines, démontrant ainsi que la vache peut être un modèle pertinent pour l'étude des anomalies génétiques humaines. Cette étude apporte la preuve que le modèle bovin peut, dans certains cas, être meilleur que le modèle murin, qui exprime parfois un phénotype atténué. Elle offre un éclairage remarquable sur le potentiel de l'utilisation des espèces d'élevage comme modèles animaux à l'ère post-génomique.

*Scientific Reports*  
DOI: 10.1038/s41598-017-11523-3



Robot d'analyse de la plateforme du Centre de Ressources Biologiques pour la Génomique des Animaux Domestiques et d'Intérêt Economique (CRB GADIE) du centre de recherche de Jouy-en-Josas.  
©Inra B.NICOLAS

**L'allocation parcimonieuse des ressources au cœur des réseaux de régulation des cellules**

La biologie des systèmes est confrontée à deux enjeux majeurs : d'un côté la prédiction du comportement de systèmes biologiques, de l'échelle infra-cellulaire à celle de l'individu, de l'autre un enjeu plus cognitif lié à l'exploration des principes permettant de décrypter l'organisation générale de systèmes biologiques complexes. Une cellule bactérienne, pour respecter le principe de gestion parcimonieuse des ressources, doit disposer d'un « programme » lui permettant de configurer son réseau métabolique de façon adéquate au gré de la composition du milieu. Une méthode d'inférence de règles logiques à partir d'un ensemble de prédictions RBA (*Resource Balance Analysis*), pour chaque gène et pour différents milieux, a été utilisée pour prédire ce programme, en reliant directement la composition du milieu avec la réponse de la cellule. La prédiction sur la base d'un principe d'utilisation parcimonieuse des ressources conduit aux mêmes comportements que ceux observés biologiquement sur la souche de *Bacillus subtilis* ayant servi de base d'étude. Ces résultats démontrent la puissance de la méthode RBA et son potentiel pour répondre aux enjeux de la biologie prédictive.

*Journal of Mathematical Biology*  
DOI: 10.1007/s00285-017-1118-5

**Déterminisme génétique de la composition protéique du lait à partir de génotypes imputés sur le génome entier**

La disponibilité d'une base de données contenant plus de 56 millions de variants de séquences bovines, le phénotypage de plus de 100 000 vaches de races Holstein, Montbéliarde et Normande pour la teneur des 6 protéines majeures du lait, ainsi que le génotypage de 9 000 vaches à l'aide d'une puce de 50 000 marqueurs SNP, ont permis de reconstruire statistiquement la séquence complète de ces 9 000 vaches à l'aide d'une technique bioinformatique d'imputation. À partir de ces données, des analyses d'association ont mis en évidence 13 gènes impliqués dans le déterminisme des protéines du lait. La résolution obtenue a permis de proposer un nombre réduit de variants candidats responsables de cette variabilité. Ces variants ont été inclus sur la puce de génotypage utilisée en sélection génomique, ce qui a permis de confirmer l'effet de ces variants sur une population indépendante de 20 000 vaches de race Montbéliarde. Ces résultats démontrent le pouvoir de résolution des approches de génétique d'association à l'échelle de la séquence du génome complet et ouvrent des perspectives importantes pour d'autres dispositifs.

*Genetics*  
*Selection Evolution*, DOI: 10.1186/s12711-017-0344-z

## BRÈVES

**L'Inra partenaire de l'institut de convergence DATAIA (sciences des données, intelligence artificielle et société)**

L'institut DATAIA, sélectionné dans le cadre de la seconde vague des appels à projets d'instituts de convergence du Programme d'Investissements d'Avenir, porté par l'Université Paris-Saclay et coordonné par l'Inria, est structuré autour des défis scientifiques liés aux sciences des données et à leurs enjeux socio-économiques. La participation de l'Inra au projet porte sur les enjeux de santé publique à travers l'analyse de données nutritionnelles. DATAIA porte au nombre de 4 les instituts de convergence auxquels participe l'Inra.

**Les MOOC : de nouveaux modes de diffusion de la connaissance**

Dans le cadre d'Agreenium-IAVFF (<https://www.agreenium.fr/u/moocs>) et de la plateforme française de MOOC (*Massive Open Online Course*) de l'enseignement supérieur, l'Inra contribue à la conception et à l'élaboration de MOOC dans le champ des agrobiosciences. Ces formations en ligne sont ouvertes à tous, sans limitation de places ou géographique, et se déroulent sur plusieurs semaines. Le MOOC consacré à l'agro-écologie, auquel contribue l'Inra, a obtenu un record d'inscriptions en 2017, avec plus de 8 500 étudiants. Une version anglophone est disponible depuis 2017. L'Inra Occitanie-Montpellier a proposé deux nouveaux MOOC dédiés à l'enseignement de la chimio-métrie: CheMOOC Basic et CheMOOC Advanced, qui proposent quatre parcours spécialisés.



07

## UN ACTEUR NATIONAL DE L'INNOVATION OUVERT DANS LES TERRITOIRES

#OPENINRA

Inra, en déclinant la stratégie nationale de recherche dans le champ des systèmes alimentaires, contribue aux stratégies régionales et en bénéficie en retour. L'ouverture vers des partenariats accrus avec l'enseignement supérieur, avec le monde socio-économique et avec la société civile est essentielle pour la réussite de cet engagement de l'Institut pour les territoires.



## ZOOM

## Un engagement collectif pour accompagner le déploiement de vignes résistantes au mildiou et à l'oïdium

La viticulture consomme 20% des produits phyto-pharmaceutiques (PPP) utilisés en France alors qu'elle occupe seulement 3% de la surface agricole utile. En production biologique, l'utilisation massive de sulfate de cuivre suscite des inquiétudes quant à ses conséquences sur l'environnement. L'utilisation de PPP et de cuivre est en grande partie liée à la lutte contre les maladies fongiques que sont le mildiou et l'oïdium. En France, l'amélioration de la vigne pour la résistance au mildiou et à l'oïdium est conduite par l'Inra, en partenariat avec l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) depuis 2012. A partir de 1974, des travaux sont menés par le chercheur Alain Bouquet pour incorporer à la vigne européenne (*Vitis vinifera*) des facteurs de résistance portés par l'espèce sauvage *Vitis rotundifolia*. Ce programme a abouti au bout de 25 ans aux variétés monogéniques baptisées « Bouquet », portant un gène de résistance au mildiou (Rpv1) et un gène de résistance à l'oïdium (Run1).

En 2000, l'Inra engage un programme de création variétale à partir des variétés « Bouquet », avec pour objectif l'intégration de plusieurs gènes de résistance aux cépages résistants (pyramidage de gènes), pour une durabilité plus grande des résistances. Ces variétés polygéniques sont appelées « ResDur » et ont pour origine des croisements avec des vignes sauvages américaines ou asiatiques. L'aboutissement des programmes de création variétale en France a conduit à l'inscription au catalogue, en décembre 2017, et au classement définitif, en mars 2018, de quatre cépages polygéniques résistants Inra, ce qui permet d'ores et déjà aux viticulteurs de planter des parcelles avec ces cépages. L'offre variétale ainsi que la dynamique de déploiement devraient s'accroître dans les années à venir puisque 6 programmes de croisements entre les variétés « ResDur » et des cépages emblématiques sont engagés pour créer de nouvelles variétés résistantes pour des vignobles caractéristiques des terroirs français (Cognac,

Champagne, Bordelais, Provence, Alsace et Rhône). L'utilisation de cépages résistants aux maladies foliaires (oïdium, mildiou) ouvre de nouvelles perspectives pour la viticulture. Associés à des conduites adaptées, ces cépages permettent de réduire jusqu'à 90% l'utilisation des fongicides contre les maladies aériennes.

Le déploiement des cépages résistants soulève de nouvelles questions autour de 3 enjeux principaux :

- la durabilité des résistances déployées et le risque de contournement entraînant une baisse d'efficacité de ces résistances ;
- l'émergence de nouvelles maladies suite à la modification des pratiques de protection (diminution des intrants) ;
- les itinéraires techniques optimaux à mettre en place pour la conduite de ces cépages.

Pour répondre à ces enjeux, l'Inra et l'IFV ont créé en 2017 l'Observatoire national du déploiement des cépages résistants (OSCAR, <http://observatoire-cepages-resistants.fr/>). Cet observatoire a deux missions principales :

- organiser la surveillance collective du déploiement afin d'anticiper les risques liés à l'évolution des populations de mildiou et d'oïdium et à l'émergence de nouvelles problématiques sanitaires ;
- organiser le partage d'expérience sur le comportement des cépages résistants dans différents systèmes de culture pour aider les viticulteurs à construire ces nouveaux itinéraires techniques.

Cette démarche est rendue possible grâce à l'investissement des interprofessions, des chambres d'agriculture et des viticulteurs qui participent au dispositif OSCAR et accompagnent le déploiement des variétés résistantes.

### ► INTERVIEW

## Expérimenter dans les conditions de pratique

Pourquoi est-il important de surveiller la durabilité des résistances des variétés de vigne créées par l'Inra ?

Le problème du contournement des gènes de résistance par les agents pathogènes est particulièrement important pour une plante pérenne comme la vigne plantée pour plusieurs décennies. De plus, le nombre de gènes de résistance disponibles est limité et des érosions d'efficacité ont déjà été décrites sur certaines variétés résistantes européennes. Le suivi de l'évolution des populations d'agents pathogènes vient compléter la stratégie adoptée par l'Inra de pyramidage des gènes de résistances dans les variétés pour favoriser une gestion durable des résistances.

En quoi le dispositif de surveillance OSCAR est-il original ?

L'observatoire OSCAR implique directement les professionnels dans la surveillance du déploiement des variétés résistantes. Il est constitué par des parcelles plantées par des viticulteurs. L'expérimentation dans les conditions de la pratique est un point essentiel pour favoriser l'adoption des variétés résistantes. OSCAR constitue un outil de partage unique d'expériences et de connaissances. Il permet aussi de collecter des données historiques sur l'adaptation des agents pathogènes. Ces données sont précieuses pour les recherches sur les stratégies de gestion durable des résistances de plantes.



**Laurent DÉLIÈRE**  
Responsable Inra de l'Observatoire national  
du déploiement des cépages résistants (OSCAR)



*Les variétés résistantes Inra possèdent des caractéristiques adaptées à la production de vins de qualité*



Les variétés résistantes au mildiou et à l'oïdium produisent-elles du vin de bonne qualité organoleptique ?

Les variétés résistantes Inra possèdent des caractéristiques adaptées à la production de vins de qualité, chaque variété possédant des qualités organoleptiques propres. Les programmes de création en cours dans les grands bassins viticoles vont permettre de proposer de nouvelles variétés dont la typicité sera proche des cépages actuellement utilisés.





## FOCUS

## Un partenariat institutionnel élargi et consolidé

### Convention-cadre avec l'ONF

Une nouvelle convention-cadre, signée en février, réaffirme la volonté de l'Inra et de l'ONF de maintenir et développer leur dispositif de coopération scientifique dans les domaines de la forêt, du bois et des territoires, en renforçant notamment les partenariats de long terme : (1) à Orléans, sur la gestion des ressources génétiques forestières et (2) à Nancy, avec la création d'un pôle recherche, développement, innovation et pédagogie ONF-Inra-AgroParisTech-Université de Lorraine sur le renouvellement des peuplements forestiers (RENFOR).

### Contrat-cadre avec Danone

L'accord-cadre Inra-Danone, signé en juin, couvre l'agroalimentaire, y compris la nutrition, la sécurité des aliments, les aliments et les boissons porteurs d'allégations santé, le conditionnement des produits alimentaires et des eaux embouteillées. Quatre axes de collaboration prioritaires sont identifiés : la triple relation aliment/microbiote intestinal/hôte, la santé et le goût en alimentation, les procédés alimentaires, et enfin les systèmes alimentaires durables.

Forêt  
©Inra

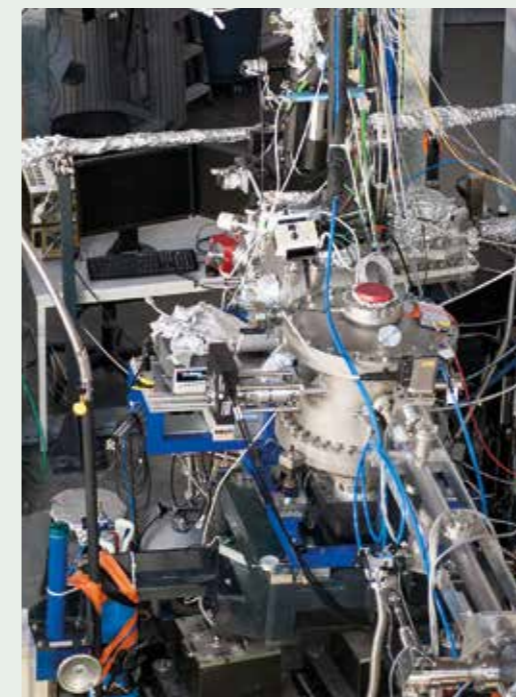
### Convention-cadre avec le Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES)

Une convention a été signée en octobre avec le MTES. Elle définit la nature et les formes de collaboration entre l'Inra et le MTES autour de domaines d'intérêt commun : (1) changement climatique, agriculture, alimentation, usage des sols et forêt, (2) biodiversité et services des écosystèmes, agro-écologie, systèmes alimentaires durables, (3) développement durable des bioénergies et de la chimie du végétal, (4) agriculture, forêts et qualité de l'air, (5) santé, environnement, et (6) risques liés aux nouvelles méthodes d'ingénierie génétique et techniques d'hybridation.

### Renouvellement de l'accord de partenariat avec le synchrotron SOLEIL

Le synchrotron SOLEIL (Source Optimisée de Lumière d'Énergie Intermédiaire du Laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique), situé à Saint-Aubin dans l'Essonne, est une source de lumière extrêmement puissante qui permet d'explorer la matière, inerte ou vivante. SOLEIL produit des lignes de lumière dans des

gammas de longueurs d'onde allant des rayons X à l'infra-rouge lointain. Le bilan des 10 dernières années confirme le succès de la forte collaboration entre l'Inra et SOLEIL. Près de 140 publications scientifiques illustrent les résultats obtenus en utilisant des approches et techniques analytiques complémentaires, sur des thèmes variés tels que « Science des aliments, nutrition, santé », « Bioéconomie », « Décryptage de la structure d'assemblages complexes » ou « Science des plantes et changement climatique ». Fort de ces résultats, l'Inra a renouvelé en novembre son partenariat avec SOLEIL.



« Le synchrotron SOLEIL [...] est une source de lumière extrêmement puissante qui permet d'explorer la matière, inerte ou vivante »

»

### Un nouveau Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS)

En partenariat avec 20 autres partenaires (ministère de l'Environnement, organismes de recherche et universités), l'Inra s'est engagé en 2017 dans le GIS « Médicaments dans l'environnement » qui fédère les compétences scientifiques et techniques relatives à la problématique des rejets de principes actifs de médicaments et de leurs métabolites d'intérêt dans l'environnement.

Synchrotron SOLEIL  
©Inra - B. NICOLAS

### Accord-cadre avec Syngenta

Cet accord-cadre de coopération, signé en décembre, a pour objectif de renforcer les collaborations existantes et de cultiver les intérêts communs pour la sélection et la protection des cultures. Les domaines de collaborations identifiés concernent la physiologie, la génétique et la génomique végétales, les approches de biocontrôle et de gestion des résistances, et l'agriculture numérique à l'ère du « big data ».



## FOCUS

## Une dynamique partenariale déclinée dans les territoires

### Convention de partenariat Inra-Grand Dijon

François Rebsamen, président du Grand Dijon, et Philippe Mauguin ont signé en février une convention de partenariat entre l'Inra et le Grand Dijon, pour joindre leurs forces dans l'accompagnement des actions de développement des pratiques agroenvironnementales, des expérimentations en terrain réel et des actions visant à accroître le lien entre innovations agroenvironnementales et citoyens.

### Collaboration renforcée en Région Occitanie

Carole Delga, présidente de la Région Occitanie, et Philippe Mauguin ont signé en juin une convention en faveur du renforcement régional des capacités de recherche, de transfert et d'innovation dans trois domaines spécifiques :

- les systèmes agricoles et alimentaires durables, en s'appuyant sur des combinaisons d'innovations de toute nature (technologiques, numériques, organisationnelles, systémiques) ;
- l'adaptation des systèmes agricoles, d'élevage et forestiers et la gestion des ressources naturelles en réponse aux contraintes environnementales et aux évolutions globales (climatiques, démographiques, sociales) ;
- le développement d'une bioéconomie circulaire des filières alimentaires et non alimentaires à l'échelle du territoire.

### L'Inra partenaire de Laboratoires d'Innovation Territoriale (LIT) en Auvergne et Grand Ouest

Les sept partenaires fondateurs du LIT « Grandes cultures » en Auvergne ont signé en mars le contrat de consortium qui définit leur implication dans la construction et la mise en œuvre du LIT Grandes cultures en Auvergne. Ce projet de « laboratoire vivant » vise à faire progresser l'agriculture en s'appuyant sur les principes de l'agro-écologie et en faisant d'un territoire de 200 000 hectares, la Limagne-Val d'Allier, un espace d'innovation ouvert pour l'excellence en grandes cultures.

Un protocole d'accord est également signé avec des acteurs des filières agricoles et agroalimentaires bretons, normands et ligériens, partenaires du LIT « Ouest Territoires d'Élevage », dont l'ambition est d'améliorer les conditions d'élevage et de vie des éleveurs, le bien-être et la santé des animaux de ferme en associant tout au long de la démarche les éleveurs, organisations professionnelles, entreprises, associations citoyennes et acteurs des territoires de l'Ouest de la France.

Domaine expérimental d'Époisses dépendant du centre de recherche de l'Inra de Dijon  
©Inra - B.NICOLAS

## FOCUS

## Des partenariats avec la recherche et l'enseignement supérieur renforcés

Dans le cadre d'Inra2025, l'Institut a choisi de renforcer ses partenariats avec l'enseignement supérieur, en cohérence avec la politique de site impulsée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI).

### Idex et I-Site

L'Inra est membre ou partenaire de quatre I-Site et d'un Idex sélectionnés début 2017 dans le cadre du Programme d'Investissements d'Avenir : I-Site MUSE - Montpellier Université d'Excellence, I-Site CAP 25 - Clermont Auvergne Project- 2025, I-Site E2S - Environment and Energy Solutions (Pau), I-Site NExt - Nantes Excellence Trajectory, Idex Lyon - Université de Lyon.

### Ecoles universitaires de recherche (EUR)

Les EUR, bénéficiant du soutien du Programme d'Investissements d'Avenir, ont vocation à renforcer l'impact et l'attractivité internationale de la recherche et de la formation des universités dans un ou plusieurs domaine(s) scientifique(s) en rassemblant des formations de master et de doctorat adossées à un ou plusieurs laboratoires de recherche de haut niveau. Il s'agit de promouvoir en France le modèle reconnu internationalement des Graduate Schools, en veillant à ce que les projets associent pleinement les organismes de recherche, comportent une forte dimension internationale et entretiennent dans la mesure du possible des liens étroits avec les acteurs économiques.

L'Inra est impliqué, en tant que co-porteur, par 6 des 29 projets d'EUR retenus à l'issue du premier appel à projets :

- PGSE-Paris Graduate School of Economics, porté par l'École d'économie de Paris.
- UBGS Neuro-Advanced Graduate School « Bordeaux Neurocampus », porté par l'Université de Bordeaux.
- CHESS-Toulouse Graduate School in Economics and Social Sciences, porté par l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées.
- CBH-EUR-GS- Grenoble graduate school in Chemistry, Biology and Health, porté par l'Université Grenoble Alpes.
- H2O'Lyon-School of Integrated Watershed Sciences, porté par l'Université de Lyon.
- SPS-GSR-Saclay Plant Sciences Graduate School of Research, porté par l'Université Paris-Saclay.

### Le projet AgroParisTech-Inra à Saclay prend forme

Le conseil d'administration de l'Inra s'est prononcé le 14 décembre en faveur de la participation de l'Inra, en tant qu'organisme de recherche fondateur, au projet d'Université Paris-Saclay qui devrait voir le jour en 2020. Le conseil d'administration a considéré que l'ambition scientifique et les possibilités de synergies avec les autres organismes offertes par ce projet, constituaient une opportunité pour l'Inra. En outre, l'Inra et AgroParisTech seront regroupés en 2021 au sein d'un même campus qui associera dans des nouveaux locaux deux acteurs majeurs en matière d'enseignement supérieur et de recherche pour l'agriculture, l'alimentation, l'environnement et la santé.

### Nouvelle convention-cadre avec l'Université de Corse

Paul Marie Romani, président de l'Université de Corse Pasquale Paoli, et Philippe Mauguin ont signé en avril une convention pour poursuivre et pérenniser leur collaboration. L'Inra souhaite participer au développement de recherches pluri- voire interdisciplinaires avec l'Université.

### Accords-cadres avec l'université Clermont-Auvergne et avec VetagroSup

Jean-Baptiste Coulon, président du Centre Inra Auvergne Rhône-Alpes, a signé en juillet des accords-cadres avec l'Université Clermont-Auvergne représentée par Mathias Bernard et avec VetAgroSup représenté par Emmanuelle Soubeyran. Les collaborations s'inscrivent autour de trois domaines scientifiques principaux partagés : 1) la biologie intégrative des plantes modèles et cultivées et l'adaptation à leur environnement ; 2) la nutrition humaine, les métabolismes intégratifs et la complexité alimentaire ; et 3) l'agro-écologie des systèmes d'élevage herbagers, qualité des produits, épidémiologie animale et développement des territoires.





## FOCUS

## L'action de l'Inra en Europe et à l'international en 2017

### Bilan des réponses aux appels à projets H2020 en 2017

255 projets ont été déposés par les équipes en 2017 dans le cadre de H2020, représentant un nouveau record pour l'Inra. Sur les 97 projets déposés relevant du défi 2 « Sécurité alimentaire, Agriculture & Foresterie durables, Recherches marines, maritimes et sur les eaux continentales, et Bioéconomie » (dont 18 en tant que coordinateur), 14 ont été retenus, dont 5 coordonnés par l'Inra. Le soutien d'Inra-Transfert à l'élaboration des projets déposés par l'Inra en tant que coordinateur conduit à un taux de succès (28%) deux fois plus élevé que celui obtenu sur les projets déposés en tant que participant (14%).

### Un appui aux chercheurs renforcé

La DARESE-Europe a organisé en 2017 trois journées de préparation au programme de travail 2018-2020 sur les thématiques agriculture, environnement et alimentation. Ces journées ont réuni les directeurs scientifiques, les chefs de département, les responsables Europe de département (RED), les référents Europe d'unités et les chercheurs concernés. Une session spécifique de formation sur 2 jours a été organisée pour les chercheurs envisageant de déposer un projet en 2018 et 2019. Enfin, deux journées de formation des RED ont été organisées à Bruxelles.

### Un plan d'action pour une stratégie européenne et internationale

Un plan d'action a été élaboré pour décliner la stratégie scientifique de l'Inra à l'international, articulée autour de 3 objectifs : (1) élaborer et mettre en œuvre une politique internationale renforçant les priorités scientifiques et l'impact, (2) renforcer la capacité de recherche et d'expertise sur les enjeux européens et mondiaux, et (3) mieux relier les dispositifs Europe et international de l'Inra, tout en renforçant les synergies avec l'action régionale et l'enseignement supérieur.

En lien avec la Délégation aux affaires internationales et le vice-président, les départements scientifiques de l'Inra ont engagé des discussions avec des laboratoires et des organisations de recherche étrangers d'excellence pour créer des Laboratoires internationaux associés (LIA) et des Réseaux de recherche internationaux (RRI) et renforcer ainsi le partenariat international de l'Institut.

« 255 projets ont été déposés par les équipes en 2017 dans le cadre de H2020 »

»



## FOCUS

## L'appui aux politiques publiques intensifié

### Participation de l'Inra aux Etats Généraux de l'Alimentation (EGAlim)

Création et répartition de la valeur, accompagnement de la transformation des modèles de production, alimentation saine, sûre et durable... Lancés le 20 juillet 2017, les Etats Généraux de l'Alimentation ont invité les différents acteurs de la société à co-construire une feuille de route nationale pour l'alimentation et l'agriculture. L'Inra a participé activement aux 14 ateliers de ces Etats Généraux ainsi qu'aux réunions de travail organisées en région. L'atelier transversal 14 « Préparer l'avenir : quels

investissements, quel accompagnement technique, quelle recherche pour une plus grande performance environnementale, sanitaire, sociale et économique ? » a défini des priorités et tracé des voies pour mieux mobiliser et articuler ces différents leviers à horizon 10 ans. Il était co-présidé par Philippe Mauquin, PDG de l'Inra, et Jean-Pierre Raynaud, vice-président du Conseil Régional Nouvelle-Aquitaine. L'importance de la recherche et de l'innovation dans la transformation agro-écologique de l'agriculture a été clairement réaffirmée lors des conclusions des EGAlim.

### La Délégation à l'Expertise, aux Prospectives et aux Etudes (DEPE)

Au sein de l'Inra, la DEPE a trois missions : (1) éclairer la décision publique dans les champs qui la concernent, notamment en liant les approches qualitatives et quantitatives, (2) contribuer aux débats publics et scientifiques, en France, en Europe et dans le Monde et (3) contribuer à l'orientation de la recherche, en anticipant sur les grandes évolutions de la société et de la science et en favorisant leur appropriation et leur mise en débat dans les programmes que l'Inra met en place ou auxquels il participe, ainsi qu'auprès des différentes structures de l'Inra et de ses partenaires.

En 2017, l'Inra a finalisé 3 expertises scientifiques collectives (ESCO), 3 études et 1 prospective, conduites ou suivies par sa DEPE.

Outre l'ESCO sur la conscience animale (voir Focus 4 #MultiPerf, p. 28), la DEPE a conduit ou suivi deux ESCO sur l'environnement :

- **ESCO artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d'action**  
L'artificialisation du territoire est aujourd'hui considérée à la fois comme l'un des principaux facteurs d'érosion de la biodiversité et comme une perte nette de ressource pour l'agriculture et les espaces boisés et naturels. L'expertise scientifique collective menée par l'Ifsttar et l'Inra à la demande du ministère de la Transition écologique et solidaire, de l'Ademe et du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et dont les résultats ont été présentés et mis en débat lors d'un colloque le 8 décembre, montre que limiter

l'artificialisation des sols doit aussi s'accompagner d'outils pour réduire les impacts de l'artificialisation.  
ESCO : <https://url.inra.fr/216zJfe>

- **ESCO eutrophisation**  
Marées vertes, prolifération d'algues, parfois toxiques, dans des lacs, cours d'eau ou zones côtières sont des manifestations d'eutrophisation des milieux aquatiques. Ces phénomènes d'eutrophisation ont des conséquences sur la santé de l'environnement, la santé humaine et les activités économiques des territoires. L'instauration de réglementations par les pouvoirs publics pour les limiter est également source de tension et de débats sur les activités identifiées comme des contributrices déterminantes de ces phénomènes. L'ESCO réalisée à la demande des ministères en charge de l'Agriculture et de l'Environnement par le CNRS, en copilotage avec l'Ifremer, l'Inra et l'Irstea, restituée le 19 septembre, a présenté un état des lieux critique sur les connaissances des causes, des mécanismes, des conséquences et de la prédictibilité des phénomènes d'eutrophisation.

ESCO : <https://url.inra.fr/2Hu0AVw>

La DEPE a également nourri la réflexion des pouvoirs publics par des études sur le changement d'affectation des sols (voir #Global p. 58), sur les services écosystémiques des écosystèmes agricoles (voir Focus 1, #MultiPerf, p. 14), et sur le rôle de la filière forêt-bois dans l'atténuation du changement climatique (voir #Climate, p. 34).

### ► INTERVIEW

## Eclairer et rendre accessibles les grands enjeux de société

Après 5 ans à la direction de la DEPE, quels enseignements tirez-vous sur les ESCO, les prospectives et les études réalisées ?

Le fait saillant est, pour moi, la forte augmentation des demandes que nous avons eu à traiter durant ces 5 dernières années. J'y vois le symptôme de l'acuité et de la complexité des défis auxquels font face nos sociétés, dans les domaines environnementaux, agricoles ou alimentaires. Face à eux, les politiques publiques doivent procéder à des arbitrages d'autant plus délicats que les termes de ceux-ci sont méconnus ou incertains. La science, qui n'est jamais déconnectée des enjeux des sociétés dans lesquelles elle s'effectue, a un rôle central à jouer ici : ses résultats sont en mesure d'éclairer ces enjeux et les politiques qui peuvent y faire face. Mais, ces résultats sont fort dispersés en de nombreux articles scientifiques relevant de champs disciplinaires très variés. C'est la vocation des travaux menés à la DEPE d'assembler et de faire parler ces connaissances en évaluant la robustesse, les incertitudes et les lacunes.



« La vocation des travaux menés à la DEPE est d'assembler et de faire parler les connaissances variées en évaluant la robustesse, les incertitudes et les lacunes



**Bertrand SCHMITT**  
Délégué de 2013 à 2018 aux expertises scientifiques collectives, aux prospectives et aux études (DEPE) à l'Inra

Quel est le devenir d'une ESCO, d'une étude ou d'une prospective une fois la restitution réalisée ? Comment évalue-t-on l'impact des travaux réalisés par la DEPE ?

Le point est délicat car il est, par nature, difficile d'assurer le suivi précis de conclusions largement diffusées sur des sujets aussi amples que ceux que nous traitons et donc d'évaluer l'impact direct. D'une façon générale, on peut dire que ces travaux alimentent et imprègnent les débats, ceux-ci s'appuyant également sur de nombreux autres documents ou argumentaires : ils tendent cependant à les cadrer, font référence et sont souvent considérés comme difficilement contournables par les différentes parties prenantes concernées par les sujets sur lesquels nous intervenons. Du fait de leur nature et parce que ce n'est pas leur vocation première, ils ne sont que rarement mobilisés directement pour l'élaboration d'une politique publique.

Comment les scientifiques de l'Inra concilient-ils leurs travaux de recherche et la participation aux travaux de la DEPE ?

De mon point de vue, les travaux de la DEPE s'inscrivent dans la suite logique des activités de recherche de nos experts (Inra ou non). Ce que nous leur proposons de faire dans les expertises s'apparente beaucoup au processus d'analyse de la bibliographie que chacun fait quand il initie une recherche. Les études et, de plus en plus souvent, les prospectives se rapprochent plus encore de l'activité de recherche, notamment quand celle-ci a des visées pluridisciplinaires. L'articulation entre ces diverses missions de la recherche est d'autant mieux réussie que les experts parviennent à valoriser académiquement les travaux qu'ils mènent avec nous.



## FOCUS

## L'innovation au cœur de la stratégie de l'Inra

### Un plan d'action pour développer l'Innovation et l'impact

Le plan d'action « Innovation » de l'Inra, inscrit dans le document d'orientation #Inra2025 et dans le contrat d'objectifs et de performance 2017-2021 et qui s'appuie sur les résultats obtenus dans le cadre du chantier Partenariat et Transfert pour l'Innovation (PTI) conduit depuis 2014, a été présenté au conseil d'administration en décembre. L'objectif est de développer au sein de l'Institut une culture de l'innovation et d'augmenter l'impact des recherches.

Le plan d'action s'articule autour de 4 domaines déclinés en 12 actions principales :

- une mobilisation structurée autour de 17 domaines d'innovation ;
- l'ouverture partenariale pour une innovation collaborative ;
- une valorisation diversifiée ;
- la culture de l'innovation et de l'impact.

### Prédiction et développement d'anticorps : création de la start-up MAbSilico

Les anticorps thérapeutiques prennent de plus en plus de place dans la pharmacopée et dans la recherche. Les applications sont également nombreuses et variées dans le domaine de l'agronomie. Cependant, le développement d'un anticorps thérapeutique reste une démarche longue. L'Inra a mis au point les méthodes MAbTope (détermination de l'épitope d'un anticorps), MAbSubstitute (découverte, à partir d'un anticorps initial, d'anticorps distants en séquence mais se liant à la même cible) et MAbCross (détermination de cibles secondaires d'un anticorps). En 2017, la start-up MAbSilico, spécialisée dans la modélisation mathématique des structures d'anticorps et localisée sur le site Inra de Tours, a été créée pour proposer ces services aux laboratoires privés et publics. MAbSilico sera un partenaire privilégié de l'Inra pour le développement de nouvelles méthodes de bioinformatique structurale des anticorps.

### Proteinolab : un laboratoire commun Inra-Ingredia

La Société Ingredia et l'Unité Inra Matériaux et Transformation (UMET) de Lille ont créé un laboratoire commun, centré sur l'étude de la relation structure-fonction des protéines laitières. Cette collaboration doit à terme



©Fotolia

permettre le développement de nouveaux ingrédients fonctionnels pour des applications hyperprotéinées en alimentation humaine. Proteinolab fait partie des 14 « LabCom » (laboratoires communs) retenus par l'agence nationale de la recherche (ANR) lors de son deuxième appel à projets en 2017. Créé en 2013, ce dispositif constitue une réelle incitation, pour les laboratoires académiques et les PME/ETI, à travailler ensemble autour d'un même projet scientifique, afin de générer de nouvelles connaissances ou savoir-faire, sources d'innovation.

### Lier agriculteurs, conseil et recherche pour stimuler l'innovation

Le projet H2020 AgriLink (*Agricultural Knowledge: Linking farmers, advisors and researchers to boost innovation*), coordonné par l'Inra, a démarré le 1er mai 2017 pour une durée de 4 ans. Son objectif est de mieux comprendre et de soutenir le rôle du conseil agricole dans les décisions des agriculteurs vis-à-vis de différents domaines d'innovation (technologique, sociale, marchande, organisationnelle). Il regroupe 16 partenaires de 13 pays européens.

### Le consortium IDEAS (Initiative for Design of Agrifood Systems) sur et pour la conception dans les systèmes alimentaires

Les transitions qui se dessinent au sein des systèmes alimentaires appellent des innovations de rupture et nécessitent de travailler avec une diversité d'acteurs, dans une approche systémique visant l'évolution simultanée de produits, de techniques, de services, de comportements, d'activités, et de modes d'organisation. Le séminaire inaugural d'IDEAS a eu lieu le 28 novembre. Ce consortium a réuni des chercheurs et des enseignants franciliens de l'Inra et d'AgroParisTech, travaillant en interaction étroite avec des acteurs socio-économiques, dans le but de : (1) produire des innovations pour les systèmes alimentaires sains et durables ; (2) réaliser des travaux de recherche sur et pour la conception innovante, ouverte et distribuée ; (3) les articuler avec la production et l'accompagnement à l'usage de ressources destinées à faciliter de tels processus de conception pour des systèmes alimentaires sains et durables ; et (4) former différents publics à cette activité de conception.



Les transitions qui se dessinent au sein des systèmes alimentaires appellent des innovations de rupture et nécessitent de travailler avec une diversité d'acteurs



### Quatre nouvelles Unités Mixtes Technologiques labellisées en 2017

Plusieurs projets de recherche et développement communs entre l'Inra, ses partenaires dans les organismes de recherche et les instituts techniques en agriculture et en agroalimentaire ont été labellisés pour 5 ans sous la forme d'Unités Mixtes Technologiques (UMT) : eBIS (IDELE, Inra et ALLICE) autour de la sélection génomique bovine, IQUAR (CTIFL, Inra, Cirad et Université d'Avignon et des pays du Vaucluse) « Innover pour améliorer la Qualité Après Récolte des fruits et légumes frais », STRATeGe (Astredhor, Inra et AgroCampus Ouest) pour élaborer de nouvelles stratégies techniques et marketing répondant au marché horticole urbain, et enfin BALI (ITERG, Inra, BSA et Insa Lyon) « Biodisponibilité des lipides, Alimentation et Intestin ». Ces quatre labellisations portent à 28 le nombre d'UMT impliquant l'Inra.

©Fotolia





ZOOM

## Des Carrefours de l'Innovation Agronomique (CIAG) pour diffuser largement les projets et les résultats de l'Inra

Les CIAG sont devenus un lieu reconnu de diffusion des projets et résultats de recherche de l'Inra et d'autres opérateurs de recherche-développement, vers les professionnels de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement. Ils contribuent à accompagner les mutations socio-économiques à l'œuvre dans les filières et les territoires. La revue Innovations Agronomiques rend accessible sous forme téléchargeable gratuite les textes de ces colloques. Plus de 700 articles constituent désormais une base de référence pour l'innovation et l'action, et sont une source de connaissances synthétisées disponibles pour l'enseignement agronomique et agricole.

Cinq Carrefours ont été organisés en 2017 :

- « Captages d'eau potable : accompagner les transitions dans les territoires agricoles » construit en partenariat avec l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) et Montpellier SupAgro (Montpellier, 11 mai). Présentation des données, outils et méthodes disponibles pour accompagner les transitions dans le contexte des aires d'alimentation de captage, notamment du point de vue agronomique et socio-économique.
- « Emballages alimentaires : innover pour la sécurité et la durabilité » (Paris, 8 juin). Présentation des nouveautés dans le domaine des emballages alimentaires, qu'ils soient biodégradables, bio-sourcés, recyclés, actifs ou intelligents, et des pistes d'avenir en tenant compte de la diversité des usages et des contraintes pesant sur les emballages.
- « Construire et diffuser des systèmes légumiers multi-performants » (Angers, 14 septembre). Présentation des transitions des systèmes de production légumière vers plus de durabilité en lien avec les attentes de la transformation, de la distribution et des consommateurs, en s'appuyant sur des résultats emblématiques du GIS PICIég.
- « CIMS : des Cultures intermédiaires multi-services pour une production agro-écologique performante » (Toulouse, 4 octobre). Présentation des processus écologiques sous-jacents à la production des services écosystémiques des CIMS et de la façon de les conduire pour proposer des solutions adaptées aux objectifs de durabilité des exploitations agricoles.
- « Une approche agro-écologique de la production végétale en Guyane » (Macouria, 23 octobre), organisé en partenariat avec la DAAF, la Collectivité Territoriale de Guyane, le Cirad et l'interprofession en production végétale. Présentation d'innovations et résultats de recherche utilisables par les agriculteurs guyanais pour poser les bases d'un réseau amazonien/caribéen sur la transition agro-écologique.



Carrefours  
de l'innovation  
agronomique

<https://www6.inra.fr/ciag/>





## FOCUS

## L'Inra renforce son engagement dans les recherches participatives en lien avec la société civile



### L'Inra signe la Charte des sciences et recherches participatives

Le 20 mars, l'Inra et une trentaine d'organismes de recherche et d'organisations de la société civile ont signé la « Charte des sciences et recherches participatives en France », coordonnée par François Houllier, ex PDG de l'Inra, en présence du Secrétaire d'Etat à l'Enseignement supérieur et à la Recherche. Cette charte précise les engagements des signataires en termes de valeurs, de principes déontologiques, d'intégrité scientifique et de conditions de réussite dans leurs démarches pour accompagner, soutenir et promouvoir les collaborations entre acteurs de la recherche scientifique et de la société civile.

### L'Inra participe au Livre Blanc d'Alliss

Le Livre Blanc « Prendre au sérieux la société de la connaissance » publié par l'Alliss (plate-forme de travail et de coopération entre établissements d'enseignement supérieur et de recherche et acteurs de la société civile, associations, syndicats, entreprises) a été présenté à l'Assemblée Nationale le 27 mars. La collaboration entre scientifiques, entreprises et citoyens est au cœur des recommandations et des propositions de ce Livre Blanc. L'Inra, qui fait partie du 1<sup>er</sup> cercle d'Alliss, a contribué à sa rédaction.

### CiTIQUE : un projet de recherche participative pour mieux comprendre les maladies transmises par les tiques

Suite aux changements affectant le climat, les forêts et la biodiversité, les maladies transmises par les tiques posent des problèmes accrus en santé animale et humaine. Le projet CiTIQUE explore des aspects méconnus de l'écologie de ces maladies pour améliorer leur prévention. L'application smartphone gratuite « Signalement TIQUE », conçue dans une démarche participative pilotée par l'Inra et associant professionnels de la recherche et de la santé, patients et citoyens, a été mise à disposition du public en juillet 2017. En 4 mois, l'application était téléchargée 30 000 fois, 4 500 signalements (morsures sur Homme et animaux) et 1 000 photos étaient reçus. Plus de 500 tiques réceptionnées iront enrichir la première tiquothèque de France, qui sera mise à la disposition de tous les laboratoires de recherche partenaires du projet. Ces premières données ont produit des résultats qui changent la perception du risque (30% des piqûres ont été signalées dans les jardins) ; elles ouvrent de nouvelles questions sur les moyens à mobiliser pour atténuer le risque dans les espaces urbanisés très fréquentés.



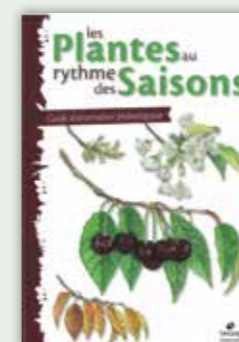
### Un guide de la phénologie pour les citoyens : les plantes au rythme des saisons

Le changement climatique bouleverse les rythmes saisonniers de nombreuses espèces : bourgeonnement, floraison, maturation des fruits, coloration des feuilles, sont autant d'événements clés de la vie des plantes dont le calendrier est perturbé. Un guide visant à faire découvrir au plus grand nombre la phénologie,



science qui étudie le cycle de vie annuel des plantes en fonction des conditions climatiques, a été rédigé par le collectif scientifique de l'Observatoire des Saisons. Le lecteur peut s'initier à l'observation phénologique avec 79 espèces de plantes communes (hêtre, mélèze, pêcher, anémone...). Il y trouve pour chaque espèce : des critères d'identification illustrés de très belles aquarelles, l'écologie et la répartition de la plante, le calendrier du cycle annuel et des photographies des différents stades phénologiques, autant d'informations qui lui permettront ainsi de décrire précisément la phénologie des plantes à partir de ses observations. En mêlant approche artistique et information scientifique, et en initiant le spectateur au plaisir d'observer, les auteurs visent à encourager les citoyens à rejoindre des programmes de sciences participatives tels que l'Observatoire des Saisons.

Ouvrage, ISBN : 978-2-36662-196-9



### 23<sup>e</sup> Controverses européennes de Marciac

(28 et 29 juillet 2017)

Organisées par la Mission Agrobiosciences-Inra et la Communauté de communes Bastides et Vallons du Gers, les controverses de Marciac invitent les agriculteurs, chercheurs, formateurs, étudiants, responsables associatifs et syndicaux, élus et citoyens à réfléchir collectivement et à débattre autour de controverses qui s'exercent dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et des territoires. Pour cette 23<sup>e</sup> édition « La nature, la technique et l'homme : la guerre des trois aura-t-elle lieu ? »

Plusieurs questionnements ont été soulevés :

- qu'est-ce qui sépare encore la nature et la technique ?

- entre robots et réseaux, quelle place pour le travail des agriculteurs ?
- quel sens donner aujourd'hui aux notions de progrès scientifique et économique ?
- et, dans ce contexte, comment redéfinir les politiques publiques nationales et européennes ?



Le 20 mars, l'Inra et une trentaine d'organismes de recherche et d'organisations de la société civile ont signé la « Charte des sciences et recherches participatives en France »



### Lancement de la revue Sésame

La revue Sésame (<http://revue-sesame-inra.fr/>), héritière de l'ancien « Courrier de l'environnement », a sorti son premier numéro en avril. Cette revue semestrielle est élaborée par la Mission Agrobiosciences avec un comité éditorial composé de personnalités extérieures à l'Inra. La revue se veut un espace d'ouverture dans les domaines de l'alimentation, de l'agriculture ou de l'environnement avec une intention d'équilibre de points de vue, d'absence de parti pris et d'indépendance de sa ligne éditoriale. Ainsi que l'indique Philippe Mauguin, PDG de l'Inra et directeur de la publication, dans son éditorial du premier numéro : « Sésame n'est pas un nouveau support de communication et n'ambitionne pas de porter la voix officielle de l'Inra. Ce positionnement est souhaité et assumé ; il permettra le débat d'idées en confrontant les positions de personnalités de cultures et d'horizons variés ».



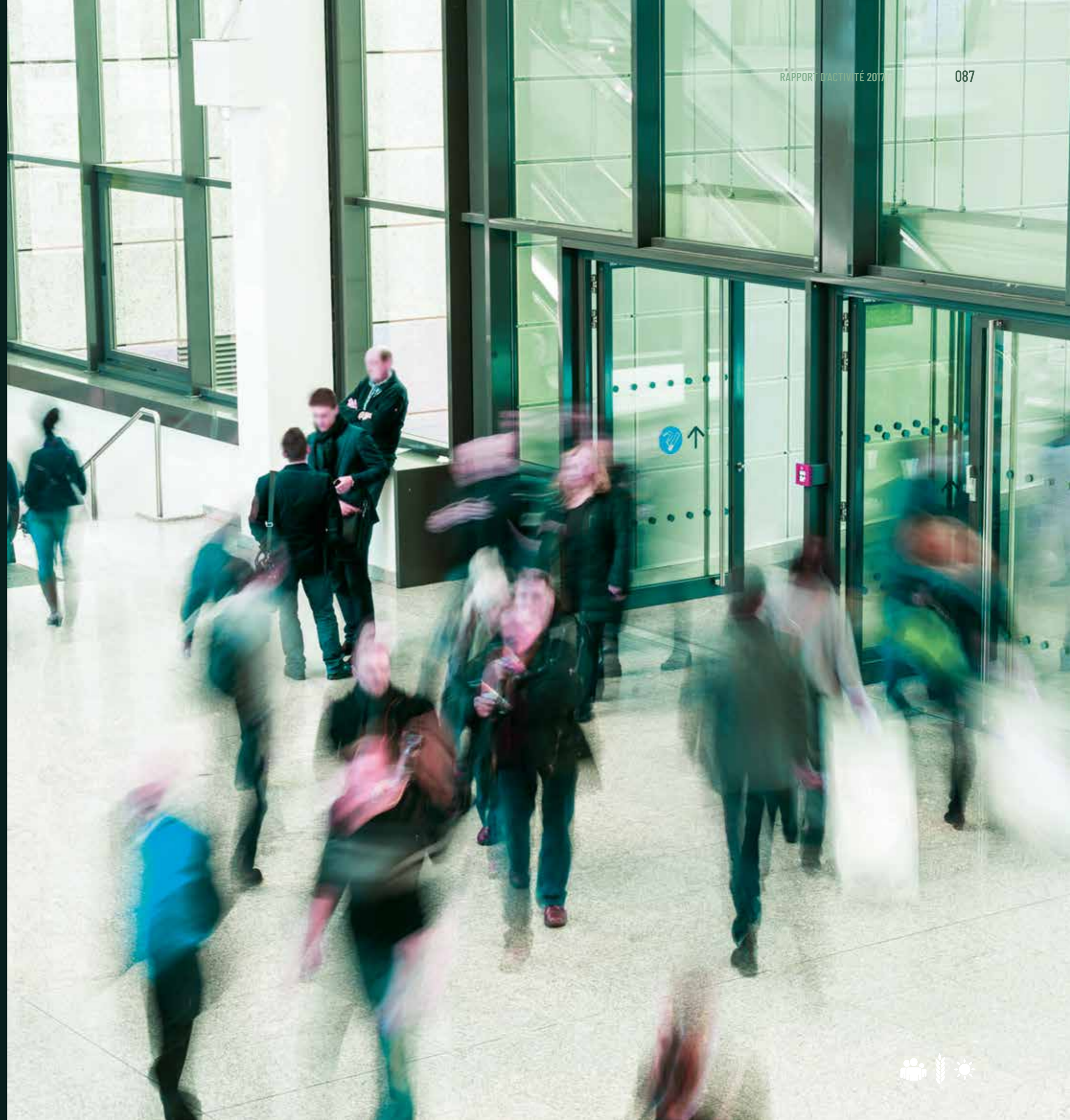


## 08

ANTICIPER ET ACCOMPAGNER  
LES ÉVOLUTIONS

#SUPPORT

Avec des missions finalisées, qui mettent l'Inra en lien étroit avec ses partenaires publics, académiques et privés, dans un monde engagé dans de multiples transitions technologiques (numérique, génétique...), l'organisation, les politiques internes et les processus de l'Institut doivent continuer à être adaptés au projet scientifique et modernisés pour renforcer leur agilité et leur efficacité.





## RÉSULTAT

## Le Contrat d'Objectifs et de Performance (COP) 2017-2021 approuvé par le conseil d'administration

Le COP Etat-Inra s'inscrit dans les ambitions et priorités définies par le document d'orientation #Inra2025. Il décline les principales actions qui seront conduites par l'Inra sur la période 2017-2021.

Le COP a été présenté au conseil d'administration de l'Inra du 14 décembre 2017 et a fait l'objet d'un vote favorable des administrateurs. Les personnalités représentant les ministères de tutelle de l'Inra et le monde agricole, alimentaire et environnemental ont salué l'équilibre entre l'ambition scientifique et le transfert de connaissances pour répondre aux défis agricoles à venir.



Le COP 2017-2021 comprend 6 grands axes déclinés en 23 objectifs majeurs :

- **Axe 1** : promouvoir une politique scientifique pertinente et de nouvelles pratiques de recherche au service d'une connaissance intégrée des systèmes alimentaires et forestiers.
- **Axe 2** : développer la stratégie européenne et internationale de l'Inra.
- **Axe 3** : soutenir une politique volontariste d'innovation, de valorisation et de transfert vers les filières économiques et la société.
- **Axe 4** : promouvoir des stratégies de site et renforcer la coopération avec l'enseignement supérieur.
- **Axe 5** : mobiliser l'expertise scientifique en appui aux politiques publiques.
- **Axe 6** : renforcer la contribution de l'appui à la recherche aux performances de l'Institut.

Le COP fera l'objet d'un bilan annuel partagé avec les ministères de tutelle.





## ZOOM

## Un plan d'action « ressources humaines et communication interne »



© Fotolia

L'importance des hommes et des femmes, de leur environnement de travail, des moyens mis à disposition pour les réaliser imposent une politique de ressources humaines (RH) à la hauteur des ambitions du document d'orientation #Inra2025. En s'appuyant sur les avancées du premier plan RH développé dès 2013, l'Inra s'est doté en 2017 d'un nouveau plan d'action tenant compte des évolutions de contexte, notamment liées à la révolution numérique.

Une des ambitions majeures est le développement des compétences de chacun dans un environnement motivant et respectueux. Une stratégie de communication interne de l'Institut a été jointe à ce plan d'action, pour que la politique RH et la communication interne soient durablement pensées l'une au service de l'autre et inversement.

Ce plan place la qualité de vie au travail au centre des actions à mener de manière transversale à l'Institut, avec, à titre d'exemples, des projets sur l'accompagnement des parcours professionnels, l'accompagnement du management, la prévention des risques psycho-sociaux, la mise en place de nouvelles organisations du travail comme le télétravail, et la contribution à la politique internationale. Afin de préserver de façon durable les compétences de la communauté de travail, une politique d'identification, d'entretien et d'évolution des compétences correspondant aux besoins de l'Institut sera développée pour l'ensemble des métiers. L'Inra poursuivra son engagement dans la gestion de la diversité, la défense de l'égalité homme-femme, la lutte contre les discriminations et sa politique d'intégrité scientifique par de nouvelles actions.

### ► INTERVIEW

## Une nouvelle offre d'information interne

Pourquoi un plan de communication interne ? Pourquoi l'adosser au plan d'action RH ?

Comme le pointait le rapport du HCERES suite à l'évaluation de l'Inra en 2015 la communication interne avait jusque-là fait l'objet d'efforts insuffisants et ne disposait pas d'une véritable stratégie et d'un plan d'action dédié. Or, tout comme la politique RH et même de pair avec elle, la communication interne est un enjeu stratégique. Naturellement la transmission et la remontée d'informations mais aussi la construction d'une communauté de travail performante et motivée sont indispensables pour préparer et accompagner le changement, en phase avec les orientations stratégiques d'un EPST qui tient une place majeure dans le paysage scientifique français et international. Bâtir un plan de communication interne a permis de nous re-questionner sur nos fondamentaux, nos moyens et de faire un audit de l'existant pour apporter les ajustements nécessaires. Nous avons travaillé main dans la main avec les RH pour être au plus près des besoins des hommes et femmes qui composent notre collectif.



Sandrine VINZANT-SEBAN  
Directrice de la communication de l'Inra



*« La communication interne, c'est l'affaire de tous. C'est aussi une question d'état d'esprit et de prise de conscience collective »*



Comment faciliter la communication interne à l'Inra ? Avec quels outils ?

La communication interne inclut tous les actes de communication au sein de l'Inra et dépend à la fois de modalités variables (habitudes, valeurs, culture de l'informel, niveau de formalisation...) mais aussi d'outils existants qu'ils soient ou non « structurés ». De manière triviale, la communication est l'affaire de tous car c'est aussi une question d'état d'esprit et de prise de conscience collective de sa nécessité. Pour ne prendre qu'un exemple en termes d'outils, nous misons sur une rénovation du portail intranet pour proposer une nouvelle « offre d'information interne » avec un traitement plus éditorialisé et faisons, non pas le pari de l'exhaustivité, mais d'un traitement différent des informations importantes. Le corollaire sera un travail en réseau pour que ce nouvel intranet représente bien toutes les sensibilités de la maison Inra.



## Une double labellisation diversité - égalité



Nommé Directeur des Ressources Humaines en octobre 2017, quelles sont vos priorités ?

Les priorités sont déclinées dans le plan d'action RH 2017-2021. La promotion de la qualité de vie au travail figure au premier rang à la fois pour l'individu dans son environnement professionnel et dans l'intérêt de la communauté de travail. Parmi les actions envisagées, je peux citer l'accompagnement des parcours, du management, des évolutions du numérique et aussi des changements dans l'organisation du travail avec le télétravail. Un autre axe important concerne la gestion stratégique des compétences de l'institut et de son collectif humain. L'objectif est de faire évoluer ces compétences de manière responsable et durable en les mettant en adéquation avec les ambitions scientifiques.



*Faire partager une démarche éthique et une culture de la déontologie parmi l'ensemble des personnels*



Quelles sont les actions nouvelles envisagées dans la lutte contre les discriminations ? En matière d'intégrité scientifique ?

Dans la poursuite de l'engagement de notre Institut en faveur de la diversité, la défense de la parité homme-femme et la lutte contre les discriminations, nous nous engageons dès à présent dans la démarche d'une double labellisation Diversité - Égalité. Cette démarche poursuit des objectifs de partage de valeurs, d'accueil et d'intégration mais aussi d'attractivité et d'efficacité individuelle et collective.

En s'appuyant sur la charte de déontologie des métiers de la recherche adoptée en 2013, la question essentielle en matière d'intégrité scientifique sera de faire partager une démarche éthique et une culture de la déontologie parmi l'ensemble des personnels par des actions de sensibilisation, de prévention, d'information et de formation.



### RÉSULTATS

#### Validation de la démarche de certification ISO 14001 des unités et installations expérimentales

Afin de maîtriser l'impact de son activité sur l'environnement, l'Inra s'est engagé, en 2013, dans une démarche volontaire visant la certification ISO 14001 de ses unités et installations expérimentales. Cette démarche collective, portée notamment par la Commission Nationale des Unités Expérimentales (CNUe) et la Mission Centrale Prévention (MCP), inscrit l'Institut dans une démarche continue de progrès et d'amélioration de la performance environnementale. La certification a été obtenue en 2015 pour 10 unités et confirmée en avril 2017 pour 14 entités. Actuellement, 25 unités et installations sont engagées dans la démarche. La conclusion d'un audit externe mené en 2017 précise que : « Le Système de Management Environnemental se développe bien, de manière efficace, sur des bases solides qui permettent aux unités expérimentales de bien intégrer tout en adaptant à leurs propres caractéristiques, avec des équipes très motivées et impliquées ».

#### Déploiement du nouveau cadre de gestion budgétaire et comptable publique

Pour la fonction budgétaire, achats, finances et comptabilité, regroupant la Direction du financement et des achats, l'agence comptable principale, les services achats et budgétaires et financiers des services déconcentrés d'appui à la recherche, 2017 a été l'année d'une transition difficile. La mobilisation de tous, dans l'appui à la recherche aussi bien du siège que des centres et des unités a permis, malgré des difficultés majeures de déploiement de l'outil Géfi 2.0, de présenter et de clore des comptes certifiés par le commissaire aux comptes.

#### Expérimentation du télétravail sur le Centre Inra Ile-de-France - Jouy-en-Josas

Dans le cadre de sa politique de modernisation de l'organisation du travail, l'Inra a lancé en avril 2017 une expérimentation du télétravail sur le centre Inra Ile-de-France - Jouy-en-Josas, en offrant aux agents la possibilité de travailler à domicile ou en télécentre. Cette démarche a été co-construite en amont avec les acteurs de terrain (service d'appui du centre, directeurs d'unités, etc.) et les instances nationales représentatives, afin de proposer des modalités de télétravail adaptées aux pratiques de l'Inra. Plus de 12% des agents du centre Inra Ile-de-France - Jouy-en-Josas sont aujourd'hui en situation de télétravail. Suite à 9 mois d'expérimentation,

la direction des ressources humaines procède à un bilan qui alimentera la réflexion sur les ajustements et les modalités à envisager pour un déploiement du télétravail dans tous les centres Inra.

#### La Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences (GPEC) : un levier de la déclinaison de la politique de site de l'Inra

En 2017, sur la base de leurs schémas stratégiques, les départements ont établi une cartographie détaillée des besoins de compétences à 4 ans par thématique, unité ou ensemble d'unités, et par corps. Cette vision partagée entre la direction générale et les départements a permis d'établir un plan d'action de GPEC, qui sera ajusté annuellement au regard des évolutions et sera mis en œuvre par le recrutement, la formation, la mobilité, l'alliance scientifique ou la programmation conjointe avec les principaux partenaires de chaque site.



© Inra

#### La présence de l'Inra au SIA 2017 récompensée

Pour la 54<sup>e</sup> édition du Salon international de l'agriculture de Paris, le stand de l'Inra « A la découverte des mondes microbiens », qui présentait un aperçu des recherches sur les micro-mondes qui peuplent notre environnement et notre corps, a remporté le Grand prix du jury des SYR-PAWARDS, décerné à l'unanimité pour le design de son stand, son animation, sa pédagogie et sa vulgarisation. Ces trophées distinguent le dynamisme du monde agricole et sa volonté de s'ouvrir au grand public à travers les meilleures initiatives de communication menées sur le salon international de l'agriculture.

Plus de 150 chercheurs de 18 unités de recherche étaient présents sur le stand de 300 m<sup>2</sup> et répondaient aux questions des visiteurs autour de trois espaces : les microbes chez l'Homme et l'animal ; les microbes chez les plantes et les milieux naturels et cultivés ; les microbes dans l'alimentation et les biotechnologies.



**Benoît MALPAUX**  
Directeur des ressources humaines de l'Inra



## ZOOM

## Lauriers 2017 : de l'excellence scientifique à l'innovation



À l'occasion de la 12<sup>e</sup> cérémonie des Lauriers de l'Inra, qui s'est déroulée à Paris le 20 novembre, six lauréats ont été récompensés pour leur engagement et leurs résultats dans des domaines de la recherche agronomique.



**Le Laurier du « Grand prix de la recherche agronomique »** décerné à une personnalité qui a contribué d'une manière exceptionnelle au rayonnement de la recherche agronomique a été remis par Philippe

Gillet, président du conseil scientifique de l'Inra.

Ce prix 2017 a été attribué à Joël Doré, directeur de recherche à l'unité Micalis et directeur scientifique de l'unité MetaGenoPolis au centre Inra Ile-de-France - Jouy-en-Josas. Passionné, il fait tomber les idées reçues sur les microbes qui peuplent notre corps. Son domaine de prédilection : le microbiote intestinal, qu'il étudie sous toutes ses coutures. Joël Doré a été également distingué en 2017 par le prix Marcel Dassault 2017 pour la recherche sur les maladies mentales, pour son projet MicrobiAutisme dédié au lien entre les dysfonctionnements du microbiote intestinal et les troubles du spectre de l'autisme.



**Le Laurier collectif « Impact de la recherche »**, qui récompense une équipe pour ses travaux qui ont eu un impact remarquable en agriculture, a été remis au LBE (Laboratoire de Biotechnologie de

l'Environnement) situé à Narbonne (centre Inra Occitanie-Montpellier) par Philippe Mauguin, PDG de l'Inra. Ce prix récompense des recherches pionnières dans la dépollution d'effluents agroalimentaires et dans l'optimisation de ces procédés pour produire du méthane, une bioénergie qui a désormais sa place dans notre bouquet énergétique. Le LBE cherche aujourd'hui à transformer les déchets des activités humaines en ressources, au plus près des aspirations de la société à un futur plus durable, et à l'écoute des industriels pour trouver les innovations nécessaires à une économie plus verte.



**Le Laurier « Défi scientifique »**, qui distingue un chercheur qui répond à une problématique d'intérêt majeur pour notre société, a été remis cette année à Nathalie Gontard, directrice de recherche dans

l'unité « Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes » du centre Inra Occitanie-Montpellier par Stéphane Travert, ministre de l'agriculture et de l'alimentation. S'inquiétant de l'accumulation de déchets plastiques dans le sol et l'eau, elle invente des emballages biodégradables innovants et veut anticiper la totalité de leurs impacts dès leur conception.



**Le Laurier « Espoir scientifique »**, qui récompense le travail de recherche d'un chargé de recherche récemment recruté, a été remis à Florian Maumus, chargé de recherche dans l'unité Génomique-

Info au centre Inra Ile-de-France - Versailles-Grignon par Frédérique Vidal, ministre de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation. Florian Maumus décline sans limite sa passion pour les plantes en mêlant génétique, génomique et bioinformatique.



**Le prix « Innovation pour la recherche »**, qui souligne l'importance des avancées techniques dans les travaux scientifiques a été remis par Christine Cherbut, directrice générale

déléguée aux affaires scientifiques de l'Inra, à Anne Lacroix dont le parcours d'ingénieur de recherche au laboratoire d'économie appliquée de Grenoble (Gael), couvre à la fois l'économie agricole, l'évaluation des politiques publiques et l'analyse des choix de consommation. Elle a fait de l'économie expérimentale le point d'appui de dispositifs novateurs pour l'observation des comportements.



**Enfin, le prix « Appui à la recherche »** attribué à un technicien de la recherche dont l'apport est particulier et significatif a été remis à Françoise Macouin, responsable de la gestion du

personnel du centre Inra Nouvelle-Aquitaine Poitiers par Fabrice Marty, directeur général délégué à l'appui à la recherche de l'Inra.



Les  
Lauriers  
de  
l'Inra



## BRÈVE

### Prix et médailles de l'Académie d'Agriculture de France : les chercheurs de l'Inra à l'honneur

Le 28 septembre se tenait la cérémonie de remise des prix et médailles 2017 de l'Académie d'Agriculture de France. Cette année encore, les travaux des scientifiques de l'Inra ont été largement reconnus. Parmi les lauréats, 7 chercheurs de l'Institut et dix doctorants ont été récompensés.





# 2017

## Organisation & chiffres clés





## Organisation

# Nouveaux membres du Collège de Direction



➤ **Jean-François Soussana**  
Vice-président en charge de la Politique internationale  
(1<sup>er</sup> avril 2017)

Jean-François Soussana était auparavant directeur scientifique Environnement de l'Inra. Spécialiste reconnu de l'écologie des prairies et des cycles du carbone et de l'azote, il est notamment membre depuis 1998 du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (GIEC) et participe au pilotage de projets internationaux de recherche. Dans le cadre de son nouveau mandat, il structure la stratégie internationale de l'Inra selon trois axes prioritaires : une politique internationale renforçant les priorités scientifiques et l'impact des recherches de l'Inra ; des outils rénovés de coopération européenne et internationale ; et une capacité renforcée de recherche et d'expertise de l'Inra sur les enjeux mondiaux.



➤ **Christine Cherbut**  
Directrice générale déléguée aux Affaires scientifiques  
(1<sup>er</sup> avril 2017)

Christine Cherbut, directrice générale déléguée aux affaires scientifiques, était jusqu'alors directrice scientifique Alimentation et Bioéconomie de l'Inra. Citons trois axes forts de son mandat : soutenir une politique de recherche équilibrée entre finalités et recherche fondamentale ; accompagner la transformation numérique de l'Inra, des questions de recherche aux méthodes et pratiques ; renforcer l'ouverture de l'Inra à la société pour développer une culture de l'innovation collaborative.



➤ **Fabrice Marty**  
Directeur général délégué chargé de l'Appui à la recherche  
(15 juin 2017)

Fabrice Marty a en charge l'ensemble des fonctions support, administratives et techniques de l'Institut pour accompagner durablement l'Inra dans la réalisation de son projet. Il est, entre autres, responsable de la conduite et du suivi des aspects relatifs aux ressources humaines et moyens financiers de l'établissement, à la politique immobilière et aux systèmes d'information. Il définit et anime la politique de modernisation de la gestion de l'établissement.



➤ **Sandrine Vinzant-Seban**  
Directrice de la Communication de l'Inra  
(3 janvier 2017)

Sandrine Vinzant-Seban, précédemment conseillère chargée de la communication et des relations avec la presse au sein du cabinet du ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et porte-parole du gouvernement, devient directrice de la communication de l'Inra.



➤ **Monique Axelos**  
Directrice scientifique Alimentation et Bioéconomie  
(1<sup>er</sup> juin 2017)

Monique Axelos, ancienne chef de département CEPIA (« Caractérisation et Elaboration des Produits Issus de l'Agriculture ») succède à Christine Cherbut comme directrice scientifique Alimentation et Bioéconomie de l'Inra.



➤ **Thierry Caquet**  
Directeur scientifique Environnement  
(1<sup>er</sup> juin 2017)

Thierry Caquet, ancien chef de département EFPA (Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques) succède à Jean-François Soussana comme directeur scientifique Environnement de l'Inra.



➤ **Benoit Malpaux**  
Directeur des Ressources humaines  
(1<sup>er</sup> octobre 2017)

Cette prise de fonction s'inscrit dans la poursuite d'une pratique de la recherche et de responsabilités managériales successives de Benoit Malpaux : directeur d'unité, chef de département, président de centre. Des compétences dans le domaine RH qu'il souhaite mobiliser pour poursuivre l'évolution de cette fonction profondément liée à l'évolution de l'Institut : pilotage de l'Inra, construction d'une vision stratégique et sur la conduite du changement dans un cadre d'innovation institutionnelle.



## Organisation

# Composition du Conseil d'administration de l'Inra

Décembre 2017

### PRÉSIDENT

Philippe MAUGUIN

### REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

Philippe VINÇON

Directeur général de l'enseignement et de la recherche, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

Serge LHERMITTE

Chef du service compétitivité et performance environnementale, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

Pierre VALLA

Adjoint au Directeur général de la recherche et de l'innovation, Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Marie-Hélène TUSSEAU-VUILLEMIN

Cheffe du secteur sciences de l'environnement et de l'univers, agronomie, écologie, sciences du système Terre, Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Nicolas HENGY

Chef du bureau de la recherche et de l'enseignement supérieur, Ministère de l'Action et des Comptes publics

Marie-Hélène JOUIN-MOULINE

Adjointe à la cheffe du bureau des biens de consommation, des industries agro-alimentaires et du design, Ministère de l'Economie et des finances

Jean-Louis GERARD

Sous-directeur des produits alimentaires et marchés agricoles et alimentaires, Ministère de l'Economie et des Finances

Patrice BUESO

Adjoint au chef de service de la recherche, Ministère de la Transition écologique et solidaire

Magali NAVINER

Cheffe du bureau de l'alimentation et de la nutrition, Ministère des Solidarités et de la Santé

### PRÉSIDENT DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DE L'INRA

Philippe GILLET

Professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

### DIRECTEUR D'ÉTABLISSEMENT D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR (art. L. 812-3 du code rural et de la pêche maritime)

Anne-Lucie WACK

Directrice générale de Montpellier SupAgro

### MEMBRES DU SECTEUR DE LA PRODUCTION AGRICOLE, DU DÉVELOPPEMENT ET DE LA COOPÉRATION AGRICOLES

Daniel PRIEUR

Secrétaire Général Adjoint de la FNSEA

Sébastien WINDSOR,

Président de la Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime

Anne WAGNER

Directrice R&D de TEREOS

Nicolas BACHELET

Administrateur national, Jeunes Agriculteurs

Pierre GUEZ

Directeur Général de Dijon Céréales

Régis HOCHART

Confédération paysanne

### MEMBRES REPRÉSENTANT RESPECTIVEMENT LES SALARIÉS DU SECTEUR AGRICOLE ET DU SECTEUR AGROALIMENTAIRE DÉSIGNÉS SUR PROPOSITION DES CONFÉDÉRATIONS LES PLUS REPRÉSENTATIVES

Jocelyne HACQUEMAND

Secrétaire fédérale FNAF-CGT

Betty HERVE

Secrétaire nationale FGTA-CFDT

### MEMBRE APPARTENANT AUX ASSOCIATIONS AGRÉÉES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

(article L. 141-1 du code de l'environnement)

François LETOURNEUX

Président d'Honneur du Comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature

### MEMBRE APPARTENANT AUX ASSOCIATIONS AGRÉÉES DE DÉFENSE DES CONSOMMATEURS

(article L. 441-1 du code de la consommation)

Marie-Claude FOURRIER

Responsable du bureau consommation, Association nationale de défense des consommateurs et usagers

### REPRÉSENTANTS ÉLUS DU PERSONNEL DE L'ÉTABLISSEMENT

Julie WOHLFAHRT, CFDT - INRA

Patrick LEMAIRE, CFDT - INRA

Pascale MAILLARD, CGT - INRA

Eric LATRILLE, CGT - INRA

Jean-François HUMBERT, SUD Recherche

EPST - Branche INRA



## Organisation

# Composition du conseil scientifique de l'Inra

Novembre 2017

### PRÉSIDENT

**Philippe GILLET**  
Professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

### MEMBRES DE DROIT

**Philippe MAUGUIN**  
Président-directeur général de l'Inra

**Christine CHERBUT**  
Directrice générale déléguée aux affaires scientifiques, Inra

**Cyril KAO**  
Sous-directeur de la Recherche de l'Innovation et des Coopérations internationales. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

**Brigitte PLATEAU**  
Directrice générale pour l'Enseignement supérieur et l'Insertion professionnelle, ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

**Alain BERETZ**  
Directeur général pour la Recherche et l'Innovation, ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

### MEMBRES NOMMÉS

**Philippe GILLET**  
Président du Conseil scientifique, professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

**Hélène BARBIER-BRYGOO**  
Directrice émérite de l'Institut des Sciences du Végétal, (UPR 2355) CNRS

**Daniel BARTHELEMY**  
Directeur scientifique du département Bios du Cirad

**Nozha BEN HAJEL-BOUJEMAA**  
Directrice du centre de recherche Inria-Saclay

**Dominique BUREAU**  
Délégué général, Conseil économique pour le Développement durable (CEDD)

**Anne VARET**  
Directrice Recherche & Prospective, Ademe

**Krotoum KONATE**  
Directrice de l'Institut technique de l'Agriculture biologique (Itab)

**Philippe LECOUEY**  
Directeur général de l'Acta

**Annick MERCENIER**  
Group leader, Centre de recherche Nestlé

**Marie-Laure NAVAS**  
Directrice générale déléguée à la Formation et la Politique scientifique, Montpellier SupAgro

**Gilles PINAY**  
Irstea, centre de Lyon-Villurbanne

**John R PORTER**  
Professeur, Département de l'Agriculture et de l'Écologie, Faculté des Sciences de la Vie, Université de Copenhague

**Marie-Hélène SANIEZ-DEGRAVE**  
Directrice Nutrition, Groupe Roquette

### MEMBRES INRA ÉLUS (9)

**Secteur 1 : Environnement et Agronomie, Écologie des Forêts, Prairies et Milieux aquatiques**

**Philippe ROZENBERG**  
Inra Val de Loire, AGPF Unité de recherche Amélioration, Génétique et Physiologie forestières

**Jean-Louis DURAND**  
Inra Poitou-Charentes - Unité d'Écophysiologie des Plantes fourragères

**Secteur 2 : Santé des Plantes et Environnement**

**Didier ANDRIVON**  
Inra Rennes, UMR 1349 Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes

**Thierry CANDRESSE**  
Inra Bordeaux Aquitaine, UMR1332 Biologie du Fruit et Pathologie

**Secteur 3 : Génétique et Amélioration des Plantes, Biologie végétale, Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences**

**Taline ELMAYAN**  
Inra Versailles-Grignon, UMR1318 IJPB Institut Jean-Pierre Bourgin

**Denis LECLERCQ**  
Inra Poitou-Charentes, VATE Plantes fourragères et Plantes de Services, unité expérimentale de Lusignan

**Secteur 4 : Caractérisation et élaboration des Produits issus de l'Agriculture**

**Jean-Michel SALMON**  
Inra Montpellier, unité expérimentale de Pech Rouge

**Veronique PLANCHOT (DR2)**  
Inra Angers-Nantes

**Secteur 5 : Physiologie animale et Systèmes d'élevage**

**Juliette SALVAING**  
Inra Jouy-en-Josas, unité Biologie du Développement et Reproduction

**Joëlle DUPONT**  
Inra Val de Loire, PRC Physiologie de la Reproduction et des Comportements

**Secteur 6 : Santé animale, Génétique animale**

**Isabelle OSWALD**  
Inra Toulouse Midi-Pyrénées, ToxAlim Toxicologie alimentaire

**Claire ROGEL-GAILLARD (DR2)**  
Inra Jouy-en-Josas, directeur d'unité de la structure Génétique animale et Biologie Intégrative

**Secteur 7 : Alimentation humaine, Microbiologie et Chaîne alimentaire**

**Laurent FERRIER**  
Inra Toulouse Midi-Pyrénées, UMR 1331 Toxalim

**Isabelle DENIS**  
Inra Jouy-en-Josas, NBO NeuroBiologie de l'Olfaction

**Secteur 8 : Sciences sociales, Agriculture et Alimentation, Espace et Environnement ; Mathématiques et Informatique appliquées ; Sciences pour l'Action et le Développement**

**Vincent MARTINET**  
Inra Versailles-Grignon, ECO-PUB Économie publique

**Muriel TICHIT**  
Inra Versailles-Grignon, SADAPT Sciences pour l'Action et le Développement : Activités, Produits, Territoires

**Secteur 9 : Services d'appui à la recherche, Administration centrale, Documentation et Publications, Informatique**

**Nicolas MAURIN**  
Inra Paris, Délégation à l'évaluation

**Yves FOLL**  
Inra PACA  
Directeur d'unité de la structure Services déconcentrés d'appui à la recherche

### OBSERVATEURS SYNDICAUX

**Dominique DESBOIS**  
CFDT - Inra

**Thierry MAGALLON**  
CFTC - Inra

**Hendrik DAVI**  
CGT - Inra

**Isabelle GOLDRINGER**  
Sud-Recherche EPST  
Suppléant : Jean-François Humbert



## Organisation

# Le comité d'éthique Inra-Cirad-Ifremer

Avril 2017

### PRÉSENTATION DES 14 MEMBRES

#### Axel KAHN

Président du Comité d'éthique. Docteur en médecine et Docteur ès sciences, Directeur de recherche à l'Inserm.

#### Michel BADRÉ

Vice-président du Comité d'éthique. Ingénieur Ecole Polytechnique – Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Membre du Conseil économique, social et environnemental, au titre du groupe des associations environnementales.

#### Madeleine AKRICH

Directrice de recherche à l'Ecole des Mines de Paris (Centre de sociologie de l'innovation), ingénieur de l'Ecole des Mines de Paris et docteur en socio-économie de l'innovation.

#### Bernadette BENSUADE-VINCENT

Professeur émérite à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, agrégée de philosophie et docteur ès Lettres et Sciences humaines.

#### Jean-Louis BRESSON

Médecin nutritionniste, professeur des universités, fondateur du Centre d'investigation clinique Necker-Cochin, actuellement directeur-adjoint.

#### Paul CLAVIER

Normalien, agrégé et docteur en philosophie, enseignant la philosophie à l'Ecole Normale Supérieure, Paris jusqu'en juin 2017. Désormais professeur à l'Université de Lorraine.

#### Françoise GAILL

Directrice de recherche CNRS, chargée de mission auprès de la direction générale du CNRS – a dirigé l'Institut « écologie et environnement » (INEE). Biologiste, spécialiste des écosystèmes profonds océaniques.

#### Catherine LARRÈRE

Professeur émérite de philosophie à l'Université Paris 1, spécialiste de philosophie de l'environnement et d'éthique appliquée.

#### Sandra LAUGIER

Professeur de philosophie à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, directrice du centre de philosophie contemporaine de la Sorbonne.

#### Lyne LÉTOURNEAU

Professeur au sein du département des Sciences animales à l'Université Laval de Québec. Titulaire d'un doctorat en droit, elle enseigne sur les enjeux éthiques de l'agroalimentaire contemporain et sur l'intégrité en recherche.

#### Joséphine OUEDRAOGO – GUISSOU

Sociologue, associée au Bureau d'études ARC (Appui-Recherche-action-Conseils) à Ouagadougou, dont elle est membre fondateur.

#### Pere PUIGDOMENECH

Professeur de recherche au CSIC (Conseil supérieur de la recherche scientifique en Espagne) au sein de l'Institut de Biologie moléculaire de Barcelone, spécialisé en biologie moléculaire des plantes, docteur en sciences biologiques.

#### Michel SAUQUET

Diplômé de l'Institut d'études politiques de Paris, docteur en Economie appliquée. Enseignant spécialisé dans les questions interculturelles.

#### Hervé THÉRY

Géographe, professeur associé à l'Université de Sao Paulo (Brésil), directeur de recherche émérite au CNRS.

### SECRETARIAT COMMUN

**Inra** : Christine CHARLOT (secrétaire générale)

avec l'appui de Nathalie HERMET

**Cirad** : Philippe FELDMANN

avec l'appui de Danielle LAZUTTES

**Ifremer** : Philippe GOULLEQUER

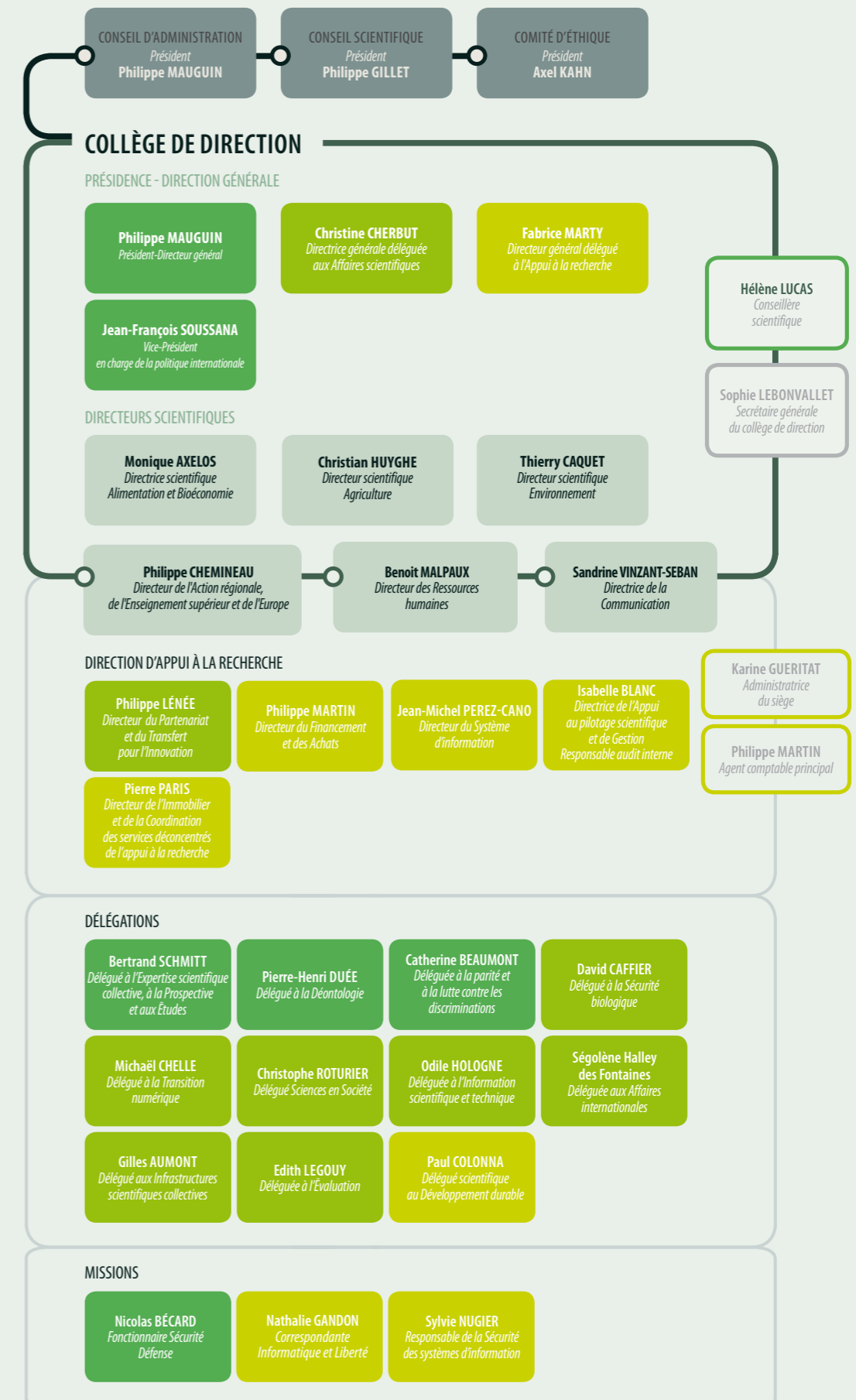
avec l'appui d'Anaïs MENARD et de Françoise EVEN



## Organisation

# Organigramme

Au 1<sup>er</sup> janvier 2018





## Chiffres clés

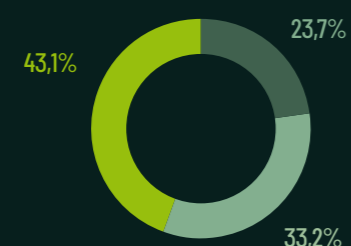
## Effectifs RH 2017

(rémunérés par l'Institut)

**7 656** agents titulaires (ETPT),  
dont 3 844 femmes et 3 812 hommes



50,2% 49,8%



● **3 298** techniciens  
● **2 539** ingénieurs et assistants ingénieurs  
● **1 819** chercheurs

**2 569** agents contractuels (ETPT),  
dont 1 442 femmes et 1 127 hommes



56,1% 43,9%

● **555** doctorants rémunérés  
(dont 124 de nationalité étrangère)

● **99** post-docs  
(dont 75 de nationalité étrangère)

● **2 353** stagiaires  
(dont 348 de nationalité étrangère)

## Structures

(au 1<sup>er</sup> janvier 2018)

**184**  
unités  
de recherche  
(propres, mixtes,  
sous contrat)



**21**  
unités  
de service  
(propres, mixtes)



**45**  
unités  
expérimentales



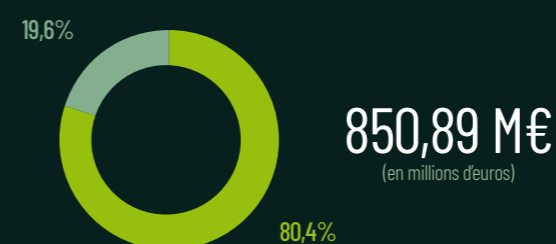
**13**  
départements  
scientifiques



**17**  
centres  
de recherche

## Budget 2017

Ressources : 850,89 millions d'euros



- **Subvention pour charges de service public : 684,46 M€**
- Ressources propres contractuelles et non contractuelles : 166,42 M€
- ▶ Ressources propres (produits de contrats de recherche) > 116,76 M€  
Ressources propres non contractuelles > 49,66 M€
  - Subventions affectées 6,71 M€
  - Dons et legs 0,01 M€
  - Redevances pour brevets, licences 7,75 M€
  - Prestations de service 15,63 M€
  - Ventes de produits 11,23 M€
  - Autres subventions 2,07 M€
  - Autres produits de gestion courante 5,25 M€
  - Produits financiers et exceptionnels 1,01 M€

Partenariat et innovation  
Partenariats socio-économiques

**373** nouveaux contrats de partenariat avec  
des acteurs socio-économiques signés

**4** Instituts Carnot

## Propriété intellectuelle

**43** brevets déposés en 2017 (33 en 2016)

**167** déclarations d'inventions et de résultats  
valorisables (95 en 2016)

**13** certificats d'obtention végétale déposés  
dans l'année (443 variétés en portefeuille)

## Valorisation

**37** licences sur brevets, savoir-faire  
ou logiciels signées

**34** nouvelles licences sur certificats d'obtention  
végétale ou variétés signées

**460** licences sur brevets, savoir-faire ou logiciels  
en portefeuille

**937** licences sur certificats d'obtention végétale  
ou variétés en portefeuille



## Organisation

### Les 17 centres de l'Inra

La carte interactive du dispositif territorial de l'Inra : [url.inra.fr/2IEDJqR](http://url.inra.fr/2IEDJqR)

**Antilles-Guyane**  
antilles.inra.fr

Domaine Duclos, Prise d'Eau  
97170 Petit-Bourg  
Tél. : 05 90 25 59 00

**Auvergne-Rhône-Alpes**  
ara.inra.fr

63122 St-Genès-Champagnelle  
Tél. : 04 73 62 40 00

**Bourgogne-Franche-Comté**  
dijon.inra.fr

17 rue Sully  
BP 86510 - 21065 Dijon cedex  
Tél. : 03 80 69 30 00

**Bretagne-Normandie**  
rennes.inra.fr

Domaine de la Motte  
BP 35327 - 35653 Le Rheu cedex  
Tél. : 02 23 48 51 00

**Corse**

corse.inra.fr  
20230 San Giuliano  
Tél. : 04 95 59 59 59

**Grand Est-Colmar**  
colmar.inra.fr

28 rue de Herrlisheim  
BP 20507 - 68021 Colmar cedex  
Tél. : 03 89 22 49 00

**Grand Est-Nancy**  
nancy.inra.fr

54280 Champenoux  
Tél. : 03 83 39 40 41

**Hauts-de-France**  
npc.inra.fr

2 Chaussée Brunehaut - Estrées-Mons  
BP 50136 - 80203 Péronne cedex  
Tél. : 03 22 85 75 00

**Île-de-France - Jouy-en-Josas**  
jouy.inra.fr

Domaine de Vilvert  
78352 Jouy-en-Josas cedex  
Tél. : 01 34 65 21 21

**Île-de-France - Versailles-Grignon**  
versailles-grignon.inra.fr

Route de Saint-Cyr, RD 10  
78026 Versailles cedex  
Tél. : 01 30 83 30 00

**Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux**  
bordeaux-aquitaine.inra.fr

71 avenue Édouard Bourlaux - CS 20032  
33882 Villenave d'Ornon cedex  
Tél. : 05 57 12 23 00

**Nouvelle-Aquitaine-Poitiers**  
poitou-charentes.inra.fr

Le Chêne RD 150 - CS 80006  
86600 Lusignan  
Tél. : 05 49 55 60 00

**Occitanie-Montpellier**  
montpellier.inra.fr

2, place Viala  
34060 Montpellier cedex 2  
Tél. : 04 99 61 22 00

**Occitanie-Toulouse**  
toulouse.inra.fr

Chemin de Borde-Rouge Auzeville  
CS 52627 - 31326 Castanet-Tolosan cedex  
Tél. : 05 61 28 50 28

**Pays de la Loire**

angers-nantes.inra.fr  
Site d'Angers  
42 rue Georges Morel - CS 60057  
49071 Beaucouzé cedex  
Tél. : 02 41 22 56 00

**Site de Nantes**

Rue de la Géraudière - CS 71627  
44316 Nantes cedex 3  
Tél. : 02 40 67 50 00

**Provence-Alpes-Côte d'azur**  
paca.inra.fr

**Site d'Avignon**  
228, route de l'Aérodrome  
Domaine Saint Paul - Site Agroparc  
CS 40509 - 84914 Avignon cedex 9  
Tél. : 04 32 72 20 00

**Site de Sophia-Antipolis**

400, route des Chappes  
BP 167 - 06903 Sophia-Antipolis cedex  
Tél. : 04 92 38 64 00

**Val de Loire**

val-de-loire.inra.fr  
**Site de Tours**  
37380 Nouzilly  
Tél. : 02 47 42 77 00

**Site d'Orléans**

2163 avenue de la Pomme de pin  
CS 40001 Ardon  
45075 Orléans cedex 2  
Tél. : 02 38 41 78 00

**Centre-siège Paris**

paris.inra.fr  
147 rue de l'Université  
75338 Paris cedex 07  
Tél. : 01 42 75 90 00



Dans le cadre de la réforme régionale de 2016, et pour renforcer la cohérence de son organisation et de sa représentation vis-à-vis de ses partenaires régionaux, l'Inra a aligné le nom de chacun de ses 17 centres sur celui des territoires au sein desquels il est implanté.











2017  
RAPPORT D'ACTIVITÉ



147 rue de l'Université - 75338 PARIS Cedex 07 | Tél. : +33(0)1 42 75 90 00  
[inra.fr](http://inra.fr)



# 20

