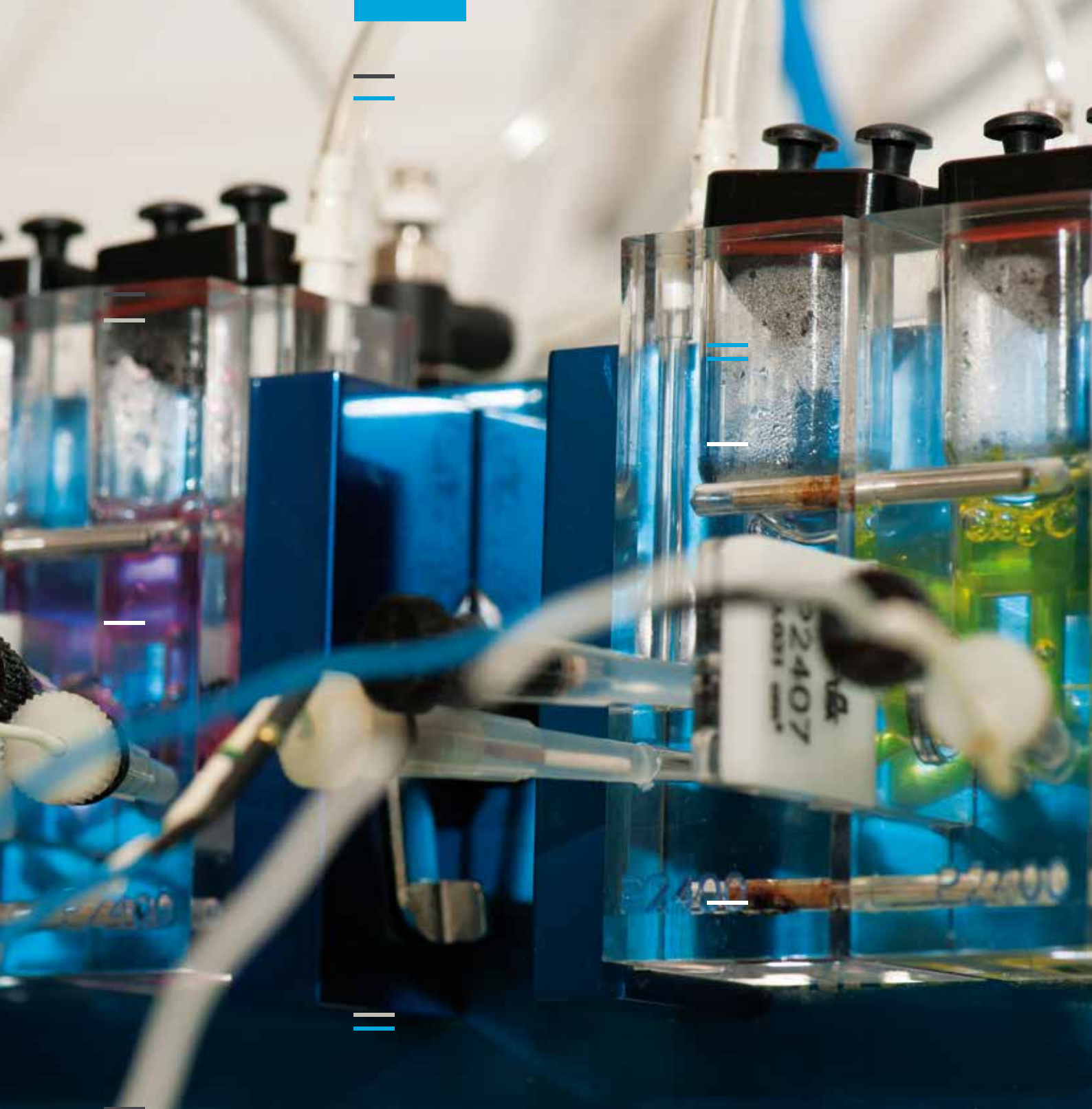




2015
RAPPORT ANNUEL

Les faits marquants scientifiques



SOMMAIRE

ÉDITO

06

Par Olivier Le Gall, Directeur général délégué aux Affaires scientifiques

FAITS MARQUANTS SCIENTIFIQUES

Sécurité alimentaire & changements globaux	08
Intégration des performances économiques, sociales & environnementales de l'agriculture & de la foresterie	12
Atténuation de l'effet de serre & adaptation de l'agriculture & de la forêt au changement climatique	24
Valorisation de la biomasse, les biomatériaux & l'énergie	30
Pour des systèmes alimentaires sains & durables	34
Des approches prédictives	42
Agroécologie	46

ÉCLAIRAGE SUR...

Santé : une affaire d'environnement	54
Génomes et vins	56
Hôtes et pathogènes : jusqu'où va la manipulation ?	58
L'Inra et les politiques publiques	60



Metaprogramme

Publication d'exception



(Cell, Current Biology, Nature et dérivés,
Plos Genetics, Plos Biology, PNAS,
Science)

Édito

Notre stratégie, nos priorités... nos travaux

*Par Olivier Le Gall,
Directeur général délégué aux Affaires scientifiques*

En 2015, les chercheurs de l'Inra se sont associés avec des collègues de plus de 130 pays pour publier leurs résultats dans plus de 4 000 articles dans des revues scientifiques à comité de lecture. La sélection présentée dans ce cahier a été douloureuse à établir. Nous n'avons pas choisi les articles les plus excellents, selon je ne sais quels critères, mais des travaux qui nous ont semblé alimenter les priorités stratégiques de l'Inra par une Science belle, utile, partagée et responsable.

Belle, parce que la beauté de la connaissance produite est une motivation puissante pour les chercheurs, et pour l'institution.

Utile, parce que les missions de l'Inra sont au service d'une Société dont les systèmes agricoles et alimentaires, en ce début de millénaire, font face à des transitions sans précédent par leur intensité, leur rapidité, et leur interconnexion : démographique, nutritionnelle, des usages de la biomasse, climatique, etc.

Partagée, parce que ces défis ne sauraient se traiter seuls : croisement des disciplines, des échelles, des regards partenariaux...

Responsable, parce que ses recherches traitant de questions de notre quotidien et de notre futur, l'Inra fait sa Science en Société.

Biomatériaux, bonbons, dérèglement climatique, huiles de friture, liens entre santé et environnement alimentaire, parfum de rose, politiques publiques, pollinisation...

Je vous souhaite autant de plaisir à la lecture de ce cahier que nous en avons mis à le préparer pour vous !

CHIFFRES CLÉS



8 165 agents titulaires
dont **50.8** % de femmes



881,57 M€ de dépenses



1 815
chercheurs titulaires



250 unités
dont **48** unités expérimentales



2 616 stagiaires accueillis
& **522** doctorants rémunérés



13 départements scientifiques
& **8** métaprogrammes



17
centres de recherche



354 brevets en stock
dont **55** nouveaux



14 nouvelles variétés
végétales



33 nouveaux logiciels
& bases de données déposés

4 081 publications dont **814** en open access

114 publications sélectionnées dont **63** faits marquants ou éclairages

1^{er} rang européen et **2^e** rang mondial en sciences de l'agriculture

Les métaprogrammes Inra



ACCAF

Adaptation de l'agriculture et de la forêt
au changement climatique

DID'IT

Déterminants et impacts de la diète, interactions
et transitions

ECOSERV

Pratiques et services des écosystèmes anthropisés

GISA

Gestion intégrée de la santé des animaux

GLOFOODS

Étude des transitions pour la sécurité alimentaire
mondiale (avec le Cirad)

MEM

Méta-omiques des écosystèmes microbiens

SELGEN

Sélection génomique

SMACH

Gestion durable de la santé des cultures

1.

Sécurité alimentaire & changements globaux

L'exposition universelle 2015 qui s'est tenue à Milan avait pour thème « Nourrir la planète. Énergie pour la vie »... Cet enjeu conduit l'Inra à traiter de questions majeures - rendement des cultures, élevage, commerce et développement - au-delà du territoire national, à une échelle mondiale...





SOMMAIRE

Commerce et Développement : nouveaux enjeux - Bilan des recherches menées	10
L'augmentation des températures diminue le rendement global du blé	10
Conception de stratégies combinant cultures et élevage pour accroître la résilience des petits producteurs	11
Seulement 2 % des espèces d'abeilles sauvages participent significativement à la pollinisation des cultures	11
Les rendements des cultures de légumineuses varient suivant les régions du monde	11

1.

M Métaprogramme
GloFoods / ACCAF

Commerce et Développement : nouveaux enjeux - Bilan des recherches menées



Des chercheurs en économie de l'Inra réexaminent le lien entre commerce international et développement. En combinant des bases de données originales et en développant de nouvelles techniques statistiques, les chercheurs analysent le lien entre libéralisation tarifaire, mesures non tarifaires, aide au commerce et insertion internationale des pays en développement. Les résultats obtenus montrent tout d'abord que la réduction des droits de douane imposés par les pays développés aux produits des pays émergents et en développement favorise l'intégration internationale de ces derniers. La gamme des produits ciblés par des réductions tarifaires peut servir d'élément stratégique dans les négociations commerciales, et les résultats soulignent l'importance de la prise en compte des règles d'origine dans l'évaluation de l'impact des accords commerciaux régionaux. Les chercheurs montrent de plus que les mesures non tarifaires que constituent les normes sanitaires entraînent une hausse des prix des biens alimentaires en Afrique, qui affecte d'abord les ménages les plus pauvres mais qui peut être réduite par l'harmonisation des normes et standards dans les accords commerciaux. La portée des programmes de soutien aux exportations dans les pays en développement apparaît au final très limitée. L'émergence d'exportations à succès dans les pays émergents ou en développement reste en outre difficile à expliquer et à généraliser, même si ces succès semblent liés aux avantages comparatifs des pays.

<http://dx.doi.org/10.1093/wber/lht039>

<http://dx.doi.org/10.1111/roie.12198>

M Métaprogramme
GloFoods

Publication d'exception



L'augmentation des températures diminue le rendement global du blé

La modélisation du rendement des cultures est un outil essentiel pour évaluer la menace du changement climatique sur la production alimentaire locale et mondiale. Les modèles actuels utilisés pour prédire le rendement en grains de blé en réponse aux changements de température sont encore très incertains. Trente modèles de cultures de blé du projet AgMIP (The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project) sont testés avec des températures moyennes de croissance allant de 15°C à 32°C. De nombreux modèles se sont révélés moins précis à des températures plus élevées. L'ensemble indique que le réchauffement ralentit déjà les gains de rendement pour la majorité des emplacements de culture du blé. La production mondiale de blé devrait diminuer de 6 %/°C d'augmentation de la température et devenir plus variable dans le temps et l'espace.

Asseng S. et al. *Nature Climate Change*.

<http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2470>





Publication d'exception



Conception de stratégies combinant cultures et élevage pour accroître la résilience des petits producteurs

Les petits producteurs qui combinent cultures et élevage produisent environ la moitié de la nourriture dans le monde. Paradoxalement, ils représentent aussi la moitié des personnes sous-alimentées. À partir d'enquêtes et de modélisation, l'Inra, le CSIRO de Brisbane et le CGIAR ont identifié des stratégies innovantes, combinant cultures et élevage, pour accroître la résilience de petits producteurs d'Afrique subsaharienne. Ces stratégies sont mises en œuvre dans des plateformes d'innovation participatives réunissant l'ensemble des acteurs des filières. Ces travaux sont intégrés dans un cadre d'analyse multi-échelle, avec des études complémentaires à fort impact à l'échelle mondiale et de l'Afrique subsaharienne. *Frelat R. et al., PNAS.*
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2015.12.017>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2015.12.006>
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1518384112>
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503>



Publication d'exception



Seulement 2 % des espèces d'abeilles sauvages participent significativement à la pollinisation des cultures

La pollinisation par les abeilles, domestiques ou sauvages, est un service écosystémique important pour la production agricole mondiale. Mais 80 % de ces services proviennent du butinage par 2 % d'espèces sauvages, les plus communes, pour un montant équivalent à la contribution des abeilles domestiques. Les efforts de conservation ne devraient donc pas se focaliser exclusivement sur le maintien des services écosystémiques, mais privilégier des approches génériques de conservation des habitats et des espèces. *Kleijn D. et al. Nature communications.*
<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms8414>



Les rendements des cultures de légumineuses varient suivant les régions du monde

Malgré leur intérêt agronomique, les légumineuses sont nettement moins cultivées en Europe qu'en Amérique. Les chercheurs de l'Inra ont mis en évidence que le rendement des cultures varie plus en Europe qu'en Amérique, contribuant ainsi à identifier les espèces de légumineuses et les régions les plus favorables à leur essor sous nos latitudes.
<http://dx.doi.org/10.1038/srep11171>



2.

Intégration des performances économiques, sociales & environnementales de l'agriculture & de la foresterie

Outre son rôle nourricier, l'agriculture offre des services écosystémiques variés, que l'Inra s'attache à mieux qualifier pour en favoriser la meilleure gestion. Services environnementaux, sociaux et bien sûr économiques sont les produits d'un élevage, d'une culture, d'une foresterie multiperformants...



SOMMAIRE

2.1 Performances économiques et services multiples 14

- Le bilan mitigé de la réforme de la Politique agricole commune 14
- Une approche socio-écologique de la gestion des services multiples des agroécosystèmes 15
- Valeur de la durabilité sur le marché : une approche expérimentale 15
- Un cadre méthodologique pour une analyse de cycle de vie (ACV) territoriale spatialisée 15

2.2 Reproduction, nutrition, santé : les bases d'un élevage multiperformant 16

- Comment faire face aux mammites en élevage laitier ? 16
- La transmission des maladies infectieuses 17
- Vers la maîtrise naturelle de la reproduction 18
- L'endurance des chevaux de races passée au peigne fin 18
- Un contrôle génétique qui agit sur l'efficacité digestive et la composition du microbiote 18

2.3 Culture et foresterie multiperformantes 19

Interview Alain Gojon (Directeur de recherche - Unité Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (B&PMP), Montpellier)

La nutrition minérale des plantes

- La signalisation nitrate chez *Arabidopsis thaliana* et ses connexions avec celles du phosphate et de l'acide abscissique 20
- Deux innovations majeures dans les techniques de biocontrôle des lépidoptères ravageurs forestiers 20
- La sexualité des cucurbitacées dévoilée 21
- Trois mécanismes indépendants limitent la recombinaison méiotique 21
- Le développement de nouvelles ressources génomiques chez le pois (*Pisum sativum* L.) révolutionne les applications en sélection 21
- Agriculture biologique, consommation et production 22
- Néonicotinoïdes et abeilles : la désorientation des individus confirmée en plein champ, la colonie adapte sa stratégie 23
- Planter des arbres européens en Chine pour identifier précocement les espèces potentiellement invasives dans nos forêts 23
- L'origine inattendue du parfum de la rose 23

2.1

PERFORMANCES ÉCONOMIQUES ET SERVICES MULTIPLES



Le bilan mitigé de la réforme de la Politique agricole commune

La réforme de la Politique agricole commune adoptée en 2014 est un processus politique complexe dans un nouveau cadre institutionnel européen. Si, au final, elle présente des innovations et laisse une grande flexibilité aux États membres, elle peut être considérée comme un semi-échec tant elle perpétue le *statu quo*, les États membres n'étant pas parvenus à s'entendre sur une vision commune pour l'agriculture européenne. Elle ne remet pas fondamentalement en question des systèmes d'aides peu efficaces et ni le verdissement annoncé de la PAC ni sa simplification n'ont réellement eu de traduction concrète. La version qu'en a déclinée la France dans sa mise en œuvre

nationale se situe sur une voie moyenne, malgré quelques choix assumés (redistribution des aides en faveur de l'élevage, des petites exploitations et installation des jeunes agriculteurs). La politique reste limitée à un soutien largement indifférencié des revenus, mais ne répond ni au défi de la compétitivité, ni à celui de la gestion des crises ni à celui de la dégradation de l'environnement de manière satisfaisante.
Bureau J.C. et Mahé L.-P. (2015) in Swinnen J. (ed). *The Political Economy of the 2014-2020 Common Agricultural Policy*.
Bureau J.C., Fontagné L., Jean S. (2015) *Conseil d'Analyse Économique du Premier Ministre*, Paris (à paraître).



Une approche socio-écologique de la gestion des services multiples des agroécosystèmes

Les systèmes agricoles doivent faire beaucoup plus que simplement fournir des services d'approvisionnement. Ils doivent également fournir un réseau de soutien et de régulation des services, tels que la fertilité des sols, la lutte antiparasitaire ou encore la pollinisation. Cet article propose un cadre d'analyse qui a pour objectif de faciliter la gestion des agroécosystèmes en termes de fourniture des différents services que ceux-ci peuvent assurer. Ce cadre d'analyse intègre une représentation de l'écosystème et une représentation du système socioéconomique dans lequel il s'insère, et les différents liens entre les deux systèmes. Ce cadre peut être mobilisé pour optimiser la fourniture simultanée de plusieurs services, et gérer les compromis entre services dès lors que l'offre augmentée de l'un d'entre eux s'opère au détriment d'un ou plusieurs autres.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsust.2015.04.001>



Valeur de la durabilité sur le marché : une approche expérimentale

Le fort développement économique observé ces dernières décennies s'est fait souvent au détriment des dimensions environnementales et sociales. Un mode de développement plus durable des pays industrialisés pourrait s'appuyer sur le marché avec un renforcement de la responsabilité sociale des entreprises. Deux études expérimentales montrent que les entreprises ont en effet intérêt à être responsables socialement pour gagner des parts de marché face aux consommateurs mais également pour ne pas être dévalorisées par les investisseurs.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2014.12.006>

<http://dx.doi.org/10.1093/erae/jbu036>



Un cadre méthodologique pour une analyse de cycle de vie (ACV) territoriale spatialisée

La méthode ACV territoriale spatialisée (ACVTS) permet de déterminer les impacts environnementaux d'un territoire agricole en prenant en compte les variations biophysiques du milieu récepteur et la répartition des activités et des flux de matières dans un territoire. La publication ci-dessous présente le cadre méthodologique de cette méthode. L'ACVTS est actuellement en cours d'application sur un territoire d'étude, les Bassins versants de la Lieue de Grève, situés à la limite nord Finistère-Côte d'Armor.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.138>





Comment faire face aux mammites en élevage laitier ?

MEM & GISA

Les mammites sont un problème économique majeur en élevage laitier et c'est aussi la première cause d'utilisation d'antibiotiques chez les ruminants. Cependant, l'usage massif d'antibiotiques en médecine vétérinaire entraîne un risque d'émergence de souches bactériennes résistantes. *Staphylococcus aureus*, un pathogène majeur, est la cause des mammites chroniques chez les ruminants. Pendant l'infection, il favorise la prolifération bactérienne intracellulaire en ralentissant la progression du cycle cellulaire de l'hôte. De plus, *S. aureus* diminue l'expression des peptides antibactériens. Les toxines de *S. aureus*, sont responsables de tous ces effets. Ces travaux constituent une avancée importante en matière d'élucidation du pouvoir infectieux et de la persistance de *S. aureus*, tant en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire. <http://dx.doi.org/10.1096/fj.14-260513>

GISA

D'autre part, un gène majeur de prédisposition aux mammites a été identifié chez la brebis. Fruit d'un travail conjoint de pathologistes et de généticiens, une analyse génétique chez la brebis laitière permet d'identifier une mutation ponctuelle de la protéine SOCS-2 qui prédispose les animaux à développer des inflammations mammaires plus sévères. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1005629>

Au-delà des problèmes de mammites, le projet international SAPHIR (www.h2020-saphir.eu) impliquant des partenaires privés et publics de toutes disciplines, a pour objectif de développer des stratégies vaccinales innovantes contre des agents pathogènes responsables de pertes économiques majeures dans les élevages bovins, porcins et avicoles.





La transmission des maladies infectieuses

M Métaprogrammes
MEM & GISA

Pouvoir modéliser la transmission des infections animales pour mieux en prédire leurs caractéristiques et mieux les gérer ou les anticiper, tel est l'enjeu de tout un volet de recherches à l'Inra qui développe des modèles épidémiologiques multi-échelles de la transmission inter troupeaux d'agents pathogènes. Ces travaux associent des physiologistes animaux, des microbiologistes mais aussi des mathématiciens et modélisateurs.

Par exemple, les mouvements commerciaux d'animaux entre troupeaux constituent une voie majeure de propagation d'agents pathogènes. Ils sont tracés de manière exhaustive pour les bovins en Europe. Ils sont caractérisés par une analyse fine du réseau de contacts dynamique, orienté et pondéré qu'ils constituent. Cela a permis leur intégration dans un modèle épidémiologique multi-échelles original de transmission de la paratuberculose bovine, piloté par les données représentant plus de 12 000 troupeaux en interaction. Ce modèle permet de hiérarchiser des stratégies complexes de maîtrise de la maladie à l'échelle régionale.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.09.005>

<http://dx.doi.org/10.1186/s13567-015-0247-3>

Récemment, l'Union européenne a dû faire face à une augmentation des cas humains de Fièvre Q (une zoonose due à *Coxiella burnetii*), en particulier aux Pays-Bas. La diffusion entre troupeaux bovins laitiers de cet agent pathogène à l'échelle d'une région est principalement due au vent. Les contributions relatives de la transmission aérienne et du commerce d'animaux dans la diffusion de *C. burnetii* entre troupeaux bovins laitiers sont quantifiées en s'appuyant sur des études observationnelles et sur des travaux de modélisation épidémiologique. Il s'agit de produire des connaissances permettant d'orienter la nature des mesures pour limiter de façon efficace sa diffusion aux troupeaux encore indemnes.

<http://dx.doi.org/10.1017/S0950268814003926>

<http://dx.doi.org/10.1111/tbed.12423>

L'aboutissement de ces recherches conduit à la mise au point d'un logiciel développé par l'Inra (<http://147.99.207.197/evalbvd/home/>) pour maîtriser par exemple la diarrhée virale bovine en troupeau bovin allaitant. Cet outil innovant d'aide à la décision et au conseil permet d'estimer l'impact épidémiologique et économique de cette maladie et d'évaluer le gain attendu par la mise en place d'une stratégie de maîtrise (vaccination ou dépistage/élimination des animaux infectés permanents).



2.2

REPRODUCTION, NUTRITION, SANTÉ : LES BASES D'UN ÉLEVAGE MULTIPERFORMANT

Vers la maîtrise naturelle de la reproduction

Jusqu'à présent, dans aucune espèce saisonnière, personne n'a réussi à obtenir des femelles cycliques toute l'année et la maîtrise de la reproduction, un enjeu majeur en élevage s'appuie sur l'utilisation d'hormones stéroïdiennes. Ces méthodes posent cependant des problèmes sanitaires et sociétaux que deux types de travaux menés à l'Inra cherchent à contourner. Une étude menée par des chercheurs mexicains en collaboration avec l'Inra, révèle que la présence de boucs sexuellement actifs toute l'année empêche l'arrêt saisonnier de l'activité sexuelle chez la chèvre. Ces résultats mettent ainsi en évidence l'importance de mieux comprendre les mécanismes intimes sous-jacents de la reproduction saisonnière. Ils invitent à explorer de nouvelles voies non pharmacologiques pour la maîtrise de la reproduction à contre-saison chez les espèces d'élevage.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.12.001>

D'autre part, certains traitements hormonaux chez la brebis peuvent être remplacés par une molécule d'origine naturelle, la kisséptine, pour contrôler la reproduction en élevage.

<http://dx.doi.org/10.1021/jm5019675>



Un contrôle génétique qui agit sur l'efficacité digestive et la composition du microbiote

L'efficacité digestive, une composante de l'efficacité alimentaire, a un effet important sur les performances économiques en aviculture ainsi que sur les rejets. Nous montrons que la sélection génétique sur l'efficacité digestive du poulet affecte la composition de son microbiote digestif caecal. Cette sélection a des effets sur les quantités de certains groupes bactériens majoritaires, ainsi que sur l'équilibre entre ces groupes. Ces travaux montrent qu'il existe un contrôle génétique de l'hôte sur son microbiote, en partie commun avec celui de l'efficacité digestive. Les régions du génome détectées incluent principalement des gènes impliqués dans les réponses anti-inflammatoires et la motricité du tractus digestif. Ces résultats prouvent qu'il existe un lien entre génétique de l'hôte, composition du microbiote et efficacité digestive.

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0135488>



L'endurance des chevaux de races passée au peigne fin

La sélection sportive et génétique des chevaux d'endurance représente un véritable enjeu économique. La collecte des données de phénotypage et génotypage du projet GenEndurance s'achève avec plus de 1 000 chevaux de race Arabe, spécialisés en course d'endurance. Les premières publications sur le phénotypage métabolomique et les facteurs cardiaques de la performance sont disponibles. L'une d'elles a déjà eu un impact international en faisant changer la réglementation des épreuves d'endurance par la Fédération internationale d'Équitation.

<http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2015.00198>

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0137013>



2.3

CULTURE ET FORESTERIE MULTIPERFORMANTES

La nutrition minérale des plantes



INTERVIEW



Alain Gojon
Directeur de Recherche - UMR B&PMP
[Inra - Montpellier](#)

Pourquoi la nutrition minérale est-elle importante pour les plantes ?

Comme tous les organismes vivants, les plantes ont besoin d'éléments minéraux. Certains, l'azote et le phosphore notamment, sont indispensables à la synthèse des biomolécules essentielles comme l'ADN et les protéines. Les plantes prélèvent les minéraux dans le sol grâce à leurs racines, et mettent en œuvre une grande diversité de mécanismes physiologiques pour optimiser l'efficacité de ce prélèvement, car il conditionne leur croissance et leur développement.

Comment et en quelles quantités l'azote et le phosphore sont-ils présents dans les sols ?

L'azote et le phosphore sont naturellement présents dans les sols, sous forme organique ou minérale (en particulier nitrate et phosphate). Leur disponibilité est en général faible (la concentration du phosphate libre ne dépasse souvent pas quelques micromoles/litre), et très variable dans le temps et l'espace. C'est la raison de l'utilisation des engrais en agriculture,

qui permet d'augmenter cette disponibilité pour qu'elle ne limite pas le rendement des cultures.

Qu'est-ce qu'une voie de signalisation ? Que se passe-t-il si on la modifie ?

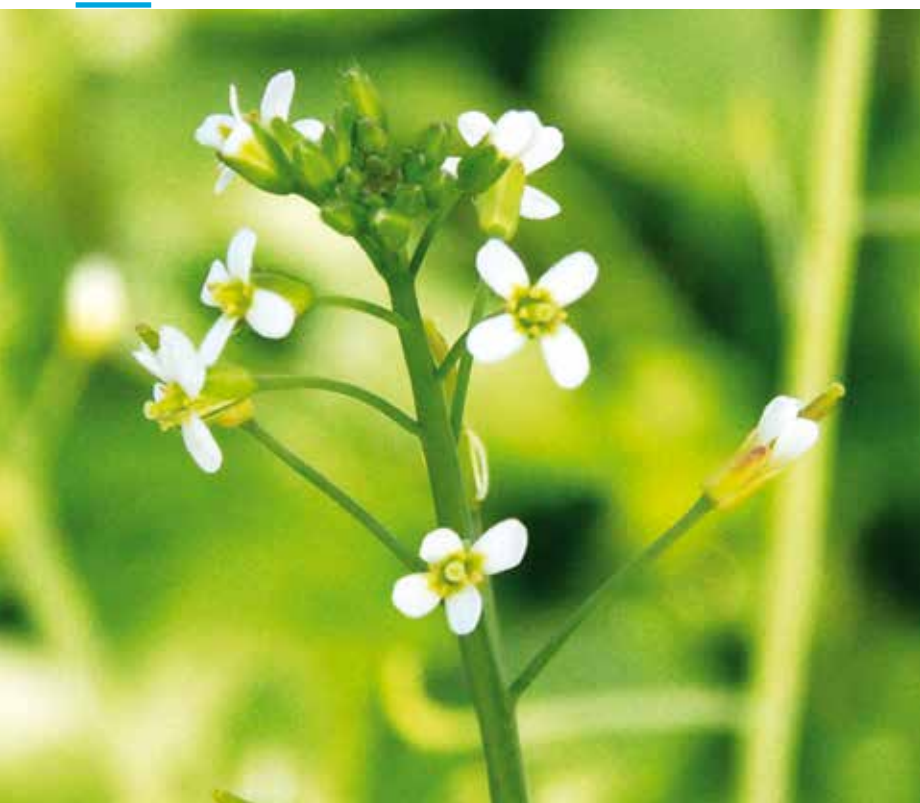
Une voie de signalisation correspond à l'action en cascade de biomolécules (souvent des protéines) permettant de percevoir et transmettre de l'information importante pour la vie de l'organisme. Dans le cas de nos études, il s'agit des voies permettant à la plante de percevoir la disponibilité externe en nitrate (grâce à une protéine « senseur » : le transcepteur NRT1.1), et d'activer des mécanismes de réponse aux variations de cette disponibilité (régulation des systèmes d'absorption de nitrate et du développement racinaire). La modification

de ces voies de signalisation affecte donc l'utilisation du nitrate par la plante, ce qui peut constituer un moyen de la rendre plus efficace, en exploitant par exemple la diversité génétique naturelle existant pour les mécanismes impliqués.

Une voie de signalisation correspond à l'action en cascade de biomolécules permettant de percevoir et transmettre de l'information importante pour la vie de l'organisme.



La signalisation du nitrate chez *Arabidopsis thaliana* et ses connexions avec celles du phosphate et de l'acide abscissique



Les plantes perçoivent la disponibilité externe en minéraux essentiels comme le nitrate ou le phosphate, ce qui leur permet de s'adapter à leur variation et d'optimiser leur nutrition. L'identification des mécanismes moléculaires associés aux systèmes de perception des ions minéraux revêt une grande importance pour comprendre comment les plantes s'adaptent aux contraintes minérales, comment elles intègrent les différentes signalisations nutritionnelles en cas de contraintes multiples, et comment ces signalisations interagissent avec les signalisations hormonales dans le contrôle de la croissance. Une série de trois articles très complémentaires permet de préciser : (i) le rôle central joué par un transcepteur (transporteur/senseur) dans de nombreuses réponses adaptatives aux variations de disponibilité en nitrate, (ii) l'implication d'un facteur de transcription dans l'intégration des signalisations nitrate et phosphate, et (iii) le contrôle du transcepteur par une phosphatase impliquée dans la signalisation par l'acide abscissique. L'élucidation des mécanismes de perception et de signalisation de l'azote chez les plantes ouvre un grand nombre de perspectives, aussi bien fondamentales (compréhension des réseaux de gènes impliqués dans les réponses à l'environnement abiotique) que finalisées (stratégies visant à optimiser l'efficacité d'utilisation de l'azote par les cultures).

Bouguyon, E. et al. *Nature Plants* ; Medici, A. et al. *Nature communications* ; Leran, S. et al. *Science Signaling*.

<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms7274>

<http://dx.doi.org/10.1038/NPLANTS.2015.15>

<http://dx.doi.org/10.1126/scisignal.aaa4829>

Deux innovations majeures dans les techniques de biocontrôle des lépidoptères ravageurs forestiers

Ces travaux ont pour objectif d'élargir la gamme des produits ou stratégies de biocontrôle en alternative aux traitements conventionnels afin de réguler des insectes ravageurs ayant un impact fort sur la santé publique et la santé du végétal. Elles se situent en droite ligne du Plan Ecophyto de réduction de l'usage des pesticides. Le biocontrôle des lépidoptères ravageurs en forêt s'est enrichi par deux innovations majeures en 2015 : dépôt en mai d'un Certificat d'Utilité (Brevet d'invention) pour le piège BUXatrap®, lauréat du trophée Paysalia-innovations 2015 pour son efficacité, sa facilité d'utilisation et son faible coût. D'autre part, la technologie développée avec la firme M2i Life Sciences, de la phéromone, formulée en gel, et insérée dans des billes de paintball biodégradables obtient le grand prix Innovation dans les technologies du ministère de l'écologie. La gamme d'utilisation de ces technologies pourrait être élargie à d'autres lépidoptères et le piège BUXatrap® sera testé sur les processionnaires du pin et du chêne, le bombyx disparate. D'autres usages potentiels pourraient être mis en évidence sur les ravageurs en agriculture.

Brevet d'invention du piège BUXatrap®, codéposé le 29 mai 2015 sous le N°1000295576 avec la firme SANSAN Prodesing SL.



Publication d'exception



La sexualité des cucurbitacées dévoilée

La grande majorité des végétaux sont hermaphrodites, c'est-à-dire que leurs fleurs renferment à la fois des organes mâles et femelles. Cependant, certaines espèces ont des fleurs de sexe séparé, soit sur la même plante, soit sur des plantes différentes. Ces dernières regroupent donc des espèces modèles pour l'étude du déterminisme sexuel chez les plantes. C'est le cas de la famille des Cucurbitacées qui rassemble, entre autres, pastèque, melon, concombre, courgette. . . Comment, sur une même plante, des fleurs mâles et des fleurs femelles parviennent-elles à coexister ? En étudiant le melon et le concombre, des chercheurs de l'Inra révèlent des mécanismes génétiques de détermination du sexe chez les plantes jusque-là inconnus. Ces résultats laissent entrevoir des applications agronomiques considérables en termes de maîtrise de la reproduction des plantes : la production plus importante de plantes femelles (à l'origine de la formation des fruits) permettrait d'améliorer les rendements. *Boualem A. et al., Sciences.*

<http://dx.doi.org/10.1126/science.aac8370>



Publication d'exception



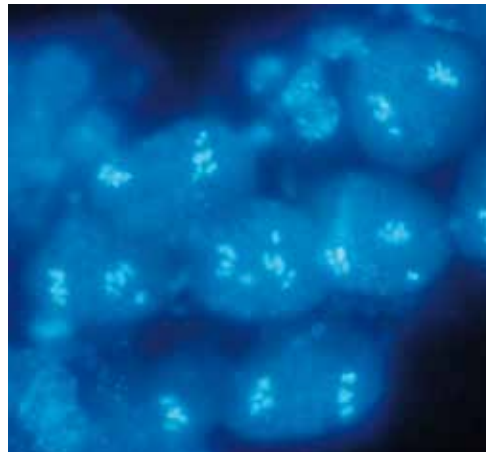
Trois mécanismes indépendants limitent la recombinaison méiotique

Les échanges entre chromosomes durant la méiose, sont à l'origine du brassage génétique qui a lieu au cours de la reproduction sexuée. L'amélioration des espèces végétales et animales repose sur ce brassage, en créant et sélectionnant des combinaisons accumulant les caractères recherchés. Après avoir identifié en 2012 le premier facteur qui limite les échanges entre chromosomes (ou crossing-over) au cours de la méiose, les travaux menés à l'Inra ont maintenant décrypté deux autres mécanismes indépendants de limitation des crossing-over. La mutation de ces gènes entraînent une augmentation jusqu'à un facteur neuf de la fréquence de crossing-over, et donc du brassage génétique au cours de la reproduction. Une telle augmentation permet de réduire la taille des populations pour trouver une combinaison d'intérêt, ou permet de trouver de nouvelles combinaisons cumulant plus de caractères recherchés. Des programmes sont en cours pour établir l'effet de ces mutations chez des plantes cultivées. *Séguela-Arnaud et al., Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*

<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1423107112>

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1005369>

<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-035923>



Métaprogramme
SELGEN

Le développement de nouvelles ressources génomiques chez le pois (*Pisum sativum* L.) révolutionne les applications en sélection

Le pois (*Pisum sativum* L.) est une importante source de protéines en alimentation humaine et animale et une composante importante des systèmes de cultures à faibles intrants. Les technologies de séquençage et de génotypage à haut débit aident à développer des ressources majeures chez le pois permettant une évolution rapide vers la sélection assistée par marqueurs. Nous développons un atlas d'expression des gènes, afin : (i) de rechercher, pour tout gène d'intérêt, la séquence correspondante exprimée chez le pois et (ii) de visualiser son profil d'expression dans une vingtaine de tissus de plante. Une puce de génotypage est utilisée pour développer une carte génétique à haute densité et haute résolution, et sur un panel de ressources génétiques.

<http://dx.doi.org/10.1111/tpj.12967>

<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2015.01037>

<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2015.00941>

2.3

CULTURE ET FORESTERIE MULTIPERFORMANTES



Agriculture biologique, consommation et production

M Métaprogrammes
DID'IT & SMaCH

Les produits issus de l'agriculture biologique ne cessent d'augmenter en France avec un marché à domicile qui progresse de près de 20 % entre 2012 et 2014. Les principales raisons de consommation invoquées par les consommateurs sont des raisons de santé et des raisons environnementales.

Dans un tel contexte d'augmentation de la consommation de produits bio, les données issues de la cohorte NutriNet-Santé sont analysées (**DID'IT**). Les habitudes et traits alimentaires et les données de santé des consommateurs de bio sont étudiées. Ils présentent ainsi des caractéristiques spécifiques quant à leurs comportements alimentaires, leurs connaissances nutritionnelles ou leurs historiques de maladies (<http://dx.doi.org/10.1017/S0007114515003761>). La part relative de la consommation de bio dans le régime alimentaire et par groupe alimentaire de 28 245 participants de l'étude de cohorte NutriNet-Santé est également estimée. Dans l'ensemble, les produits d'origine végétale (fruits et légumes, produits complets) sont davantage consommés en bio que les produits d'origine animale, excepté les œufs (<http://dx.doi.org/10.3390/nu7105417>).

L'agriculture biologique peut être simplement définie comme un mode de production bannissant les pesticides et les fertilisants de synthèse. Mais cela cache mal la grande diversité de pratiques qui reste accessible aux producteurs. Cette diversité des pratiques au sein de l'agriculture biologique et de ses conséquences sur la biodiversité fonctionnelle est mise en évidence en verger de pommiers (**SMaCH**). Quatre stratégies différentes co-existent au sein de l'AB ; elles sont basées sur la substitution, le recours à des technologies récentes (filets Altcarpo), l'intensification écologique et enfin une stratégie dite intégrée recoupant les trois premières. Ces stratégies ont des répercussions différentes en ce qui concerne la biodiversité et l'abondance des auxiliaires hébergés dans ces vergers.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.026>

<http://dx.doi.org/10.1007/s13593-015-0282-5>



Néonicotinoïdes et abeilles : la désorientation des individus confirmée en plein champ, la colonie adapte sa stratégie

Ce travail fait suite à une double recommandation de l'Anses concernant les effets toxiques des insecticides néonicotinoïdes : d'une part, vérifier ou infirmer en conditions d'exposition réelles, au champ, l'impact de la pratique d'enrobage des semences avec certains insecticides sur la mortalité des abeilles pollinisatrices et d'autre part, préciser ses effets sur les performances des colonies, données souvent absentes des évaluations précédentes. Une nouvelle étude en plein champ conforte les essais en laboratoire sur les risques de désorientation des abeilles exposées au traitement des semences de colza au thiaméthoxame. L'étude révèle que la proximité des parcelles traitées diminue l'espérance de vie des butineuses. En réponse à cette surmortalité, les colonies modifient leur stratégie de production de couvain de façon à privilégier le renouvellement des ouvrières. Cette étude soulève de nouvelles pistes de recherches pour l'évaluation des risques toxicologiques sur le terrain.

<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.2110>



Planter des arbres européens en Chine pour identifier précocement les espèces potentiellement invasives dans nos forêts

La majorité des espèces exotiques introduites en Europe et s'attaquant aux plantes vient d'Asie. Des chercheurs de l'Inra, avec des collègues chinois, proposent une nouvelle méthode pour détecter les envahisseurs potentiels dans leur région d'origine, avant leur introduction sur un autre continent. Ils plantent des arbres européens comme sentinelles en Chine et durant quatre années, étudient la capacité des insectes et champignons pathogènes chinois à coloniser ces arbres.

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0120864>

Publication d'exception



L'origine inattendue du parfum de la rose

Les composés majeurs du parfum des roses sont produits par une voie de synthèse originale qui n'avait jusqu'à présent jamais été décrite chez les plantes. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives notamment pour la sélection des rosiers.

Magnard J.L., Science.

<http://dx.doi.org/10.1126/science.aab0696>



3.

Atténuation de l'effet de serre & adaptation de l'agriculture & de la forêt au changement climatique

L'année 2015 est marquée par la 21^e Conférence des Parties qui a lieu à Paris en décembre. Parmi les initiatives proposées lors de cette COP21 figure le programme « 4 pour mille » que nous présente le directeur scientifique du pilier environnement de l'Inra. Comment estimer les émissions de gaz à effet de serre ? Comment mieux comprendre le fonctionnement des forêts ?... autant de questions que se pose l'Inra pour répondre à ce grand défi du changement climatique...



SOMMAIRE

Qu'est-ce que le « 4 pour mille » ?	26
<i>Interview : Jean-François Soussana (Directeur scientifique Environnement)</i>	
Vin et changement climatique : les chercheurs du projet LACCAVE s'engagent pour la COP21	27
Estimer les émissions de gaz à effet de serre dans les systèmes de tarification du carbone existant	27
Une modélisation inédite permet d'identifier les mécanismes de propagation des dégâts forestiers lors de tempêtes	27
Les arbres grossissent et prennent du poids, mais pas en même temps	28
À la découverte du fonctionnement de la forêt amazonienne	29

3.

Qu'est-ce que le « 4 pour mille » ?



INTERVIEW



Jean-François Soussana
Directeur scientifique
Environnement
Inra

Quel est l'objectif du programme « 4 pour 1 000 » ? Pourquoi ce chiffre ?

On peut, en fait, parler d'un objectif mais de plusieurs enjeux. Améliorer la teneur en matière organique des sols c'est relever les défis à la fois de la sécurité alimentaire mondiale, de l'adaptation des systèmes alimentaires et des populations aux dérèglements climatiques et de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dues à l'homme.

Les sols stockent une quantité de carbone qui est 2 à 3 fois celle du carbone atmosphérique. Si c'était possible, augmenter cette capacité de stockage de 4 pour 1 000 par an sur l'ensemble des sols mondiaux reviendrait à stopper l'augmentation actuelle de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère.

Comment y parvenir ?

Il faut, d'une part mettre en œuvre des pratiques agricoles adaptées aux conditions locales et inspirées de l'agroécologie, de l'agroforesterie ; faire appel à l'agriculture de conservation et adapter la gestion des paysages et de l'eau. Il faut également lancer

un programme de recherche qui aidera à définir le plan d'actions en étudiant les mécanismes du stockage du carbone, en estimant les potentiels des différents sols, en évaluant les performances de ces pratiques agricoles et en suivant et vérifiant les résultats à destination en particulier des agriculteurs.

*Augmenter la capacité de
stockage de 4 pour 1 000
par an sur l'ensemble des
sols mondiaux reviendrait
à stopper l'augmentation
actuelle de la quantité de
CO₂ dans l'atmosphère*

Quels sont les partenaires du programme « 4 pour 1 000 » ?

En décembre 2015 à l'issue de la COP21 qui se tient à Paris, plus de 30 pays signent la déclaration d'intention de l'initiative « 4 pour 1 000 ». De nombreuses organisations professionnelles, les principaux bailleurs multilatéraux et près d'une quarantaine d'organismes de recherche et d'universités suivent ce mouvement. En particulier, nous signons un accord pour ce programme de recherches entre organismes

français (Cirad, IRD, Inra), ainsi qu'avec le CGIAR et une université américaine qui a un leadership dans ce domaine. Nous travaillons également dans le cadre de l'Alliance mondiale de recherche sur les gaz à effet de serre (GRA), qui rassemble 46 pays et dont la France co-préside un groupe prenant en charge cette mission.



Vin et changement climatique : les chercheurs du projet LACCAVE s'engagent pour la COP21



Avancée des dates de vendanges, déficits hydriques accentués pour la vigne, vins plus alcoolisés, moins acides, avec de nouveaux profils aromatiques... Le changement climatique marque déjà la viticulture. Le projet LACCAVE associe 21 unités de l'Inra pour étudier les impacts à long terme du changement climatique sur le vignoble. Les résultats montrent que l'adaptation sera plus facile dans les vignobles si l'augmentation de température reste sous 2°C. Les voies d'adaptation combinent des innovations à différentes échelles : de la sélection de nouveaux cépages, jusqu'aux techniques œnologiques, en passant par la mise au point de nouveaux modes de conduite de la vigne ou des outils d'aide à la décision pour la gestion d'un terroir. Des résultats qui ont été largement relayés dans la presse nationale, TV, radios et médias professionnels, en particulier dans le contexte de la COP21, contribuant ainsi au débat de société sur le changement climatique.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.04.001>

Publication d'exception



Estimer les émissions de gaz à effet de serre dans les systèmes de tarification du carbone existant

Afin d'estimer l'émission de gaz à effet de serre dans les quinze plus importants systèmes de tarification de carbone opérationnels, les règles de suivi, la façon dont sont notifiées et rédigées les données et les procédures de contrôle concernant les émissions de gaz à effet de serre, ont été comparées. Les règles en place ne valorisent pas la précision des estimations. Cela n'est pas nécessairement préjudiciable pour la société dans son ensemble, mais certains porteurs d'enjeux comme les fournisseurs de technologie en pâtissent. Par ailleurs, les règles de suivi, notification et vérification, génèrent différents coûts. Les plus gros émetteurs les remplissent - par tonne équivalent de CO₂ - pour quelques centimes d'euros tandis que les plus petits doivent investir jusqu'à plusieurs euros. Enfin, si l'agriculture et la forêt restent à la marge de ces systèmes, c'est notamment que l'incertitude du suivi des émissions dans ces secteurs dépasse bien souvent le niveau d'exigence des règles en place. *Bellassen V. et al., Nature Climat Change.*

<http://dx.doi.org/10.1038/NCLIMATE2544>

Une modélisation inédite permet d'identifier les mécanismes de propagation des dégâts forestiers lors de tempêtes

Le vent est une source importante de perturbations pour les forêts européennes. Nos connaissances actuelles sur la propagation des dégâts dans les massifs forestiers lors de tempêtes reposent uniquement sur l'analyse des dégâts post-tempêtes. En simulant pour la première fois la propagation des dégâts dans une forêt de pins maritimes, des chercheurs de l'Inra ont découvert les mécanismes qui y président. Leurs travaux fournissent des indices importants pour améliorer les prédictions des modèles de risque des forêts au vent.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.07.010>



Publication d'exception



M Métaprogramme
ACCAF

Les arbres grossissent et prennent du poids, mais pas en même temps

L'augmentation de la circonférence des troncs et la production de la biomasse ligneuse (bois) sont deux processus clés dans les écosystèmes forestiers, pilotant respectivement la croissance en volume des arbres et la séquestration du carbone dans le bois. Jusqu'à présent ces deux processus étaient considérés comme totalement synchrones. Un consortium international mené par des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec AgroParisTech, vient de montrer que la croissance des arbres fait intervenir des mécanismes dissociés dans le temps. L'arbre grossit d'abord, en raison de la production et de l'élargissement des cellules du bois qui renforcent leurs parois dans un second temps, augmentant de fait la masse de l'arbre. Ces résultats laissent penser que les effets du changement climatique pourraient notamment perturber la seconde étape et *in fine* modifier la séquestration du carbone dans le bois, un des enjeux du défi climatique. H. E. Cuny et al. *Nature Plants*.

<http://dx.doi.org/10.1038/NPLANTS.2015.160>





À la découverte du fonctionnement de la forêt amazonienne

La forêt amazonienne constitue le plus grand stock de carbone terrestre, et elle fonctionne comme un puits de carbone. Comprendre la constitution de ce stock, son évolution et les impacts de l'exploitation forestière sont des enjeux importants pour prédire les effets du changement global. En 2015, trois publications majeures concernent le cycle du carbone dans la forêt amazonienne.

Publications d'exception



La dynamique du puits de carbone amazonien

Alors qu'environ 20 % de la forêt amazonienne sont jusqu'à présent défrichés pour le développement de pâturages et de l'agriculture, un quart de la forêt restante est dédiée à la production de bois.

Parmi les 16 000 espèces d'arbres qui peuplent la forêt amazonienne, un peu moins de 200 (soit environ 1 %) contribuent à la moitié de la croissance et du stockage du carbone dans la biomasse ligneuse. C'est ce que révèlent des travaux coordonnés par Rainfor, un réseau de chercheurs sud-américains et européens dont l'Inra, le CNRS et le Cirad. Cette découverte peut aider les scientifiques à prédire le comportement des forêts tropicales humides dans le contexte du changement climatique. *Fauset S. et al. Nature communications*. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms7857>.

L'Amazonie serait en train de perdre sa capacité à absorber le dioxyde de carbone atmosphérique, principal gaz à effet de serre. L'augmentation du taux de mortalité des arbres de la forêt amazonienne depuis plus de 30 ans, liée à l'impact de phénomènes climatiques extrêmes et à un vieillissement plus précoce découlant de l'accélération de croissance induite par l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique, serait la première cause de l'altération de ses capacités de stockage de carbone. *R.J.W. Brien et al., Nature*. (<http://dx.doi.org/10.1038/nature14283>).

En revanche, la forêt exploitée peut reconstituer rapidement son stock de carbone sous réserve d'une exploitation raisonnée. En se basant sur 79 parcelles localisées à 10 endroits du Bassin amazonien, les chercheurs montrent qu'une exploitation adaptée et durable permet de préserver une fraction plus importante du carbone stocké ainsi qu'une reconstitution plus rapide de ce stock. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcub.2015.07.034>).



4.

Valorisation de la biomasse pour la chimie, les matériaux & l'énergie

Source de carbone renouvelable pour l'énergie mais aussi source de nouveaux matériaux ou de molécules chimiques d'intérêt, la transformation de la biomasse va nous accompagner de manière croissante dans notre vie quotidienne...





SOMMAIRE

De nouveaux emballages alimentaires biodégradables	32
Contrôler les écosystèmes microbiens grâce à la communication entre bactéries	32
Des matériaux en amidon pour des implants biomédicaux	33
Tournesol et colza, des résidus susceptibles d'être convertis en lipides d'intérêt	33



De nouveaux emballages alimentaires biodégradables

Recycler des résidus agro-alimentaires pour la production d'une nouvelle génération d'emballages alimentaires biodégradables : c'est le défi relevé par le projet européen EcoBioCAP. Destinés à remplacer les plastiques d'origine pétrochimique, les matériaux développés sont des composites dont les constituants (bio-polyesters, fibres lignocellulosiques et bio-additifs haute performance) sont obtenus soit par fermentation d'effluents liquides : eaux de lavage d'huileries, petit lait d'industries laitières, soit par fractionnement et traitement de résidus solides : pailles de céréales, tourteaux d'huileries, de brasseries et plumes d'élevages. EcoBioCAP propose ainsi aux industries alimentaires de l'Union européenne, des emballages biodégradables et modulables à façon selon les exigences des denrées alimentaires périssables, avec des bénéfices directs à la fois pour l'environnement et pour les consommateurs en termes de qualité et de sécurité alimentaire.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.02.006>;

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.028>;

<http://dx.doi.org/10.1002/app.42528>

Publication d'exception



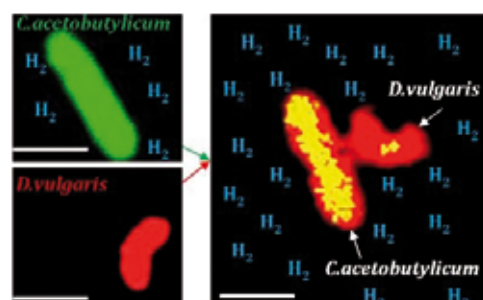
Métaprogramme
MEM

Contrôler les écosystèmes microbiens grâce à la communication entre bactéries

La production d'énergie par voie biologique, et notamment de biohydrogène à partir de biomasse, constitue une voie alternative d'énergies renouvelables et durables, à faible émission de gaz à effet de serre. Un grand nombre d'espèces microbiennes, issues d'environnements variés, peuvent produire du biohydrogène par voie fermentaire. Toutefois, la diversité microbienne des cultures mixtes est également source de variabilité des procédés. Des chercheurs de l'Inra en collaboration avec des chercheurs du CNRS identifient des espèces clés situées au cœur des réseaux métaboliques pouvant être utilisées en tant que modulateur biologique des écosystèmes microbiens.

Benomar S. et al., *Nature Communication*.

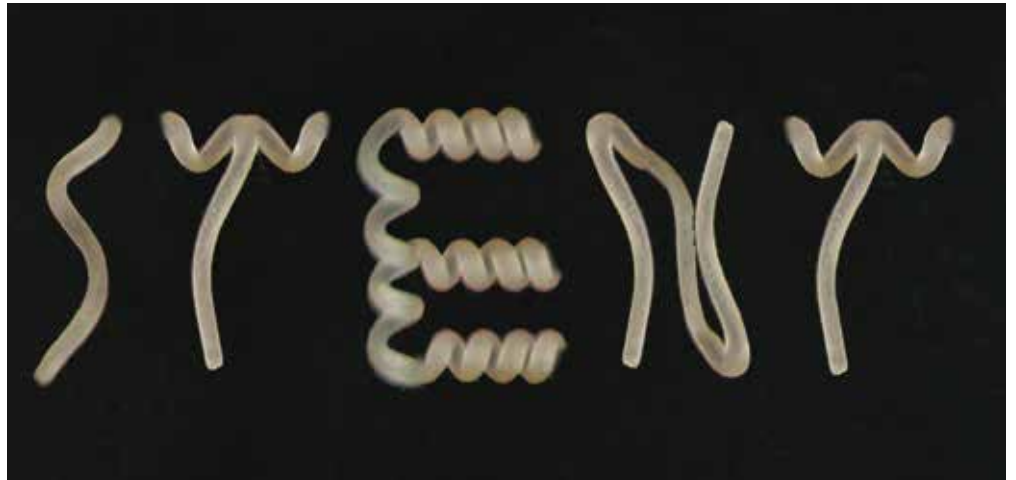
<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms7283>



Des matériaux en amidon pour des implants biomédicaux

Les chirurgiens sont très demandeurs d'implants réalisés avec des matériaux biocompatibles et biorésorbables sur des durées relativement courtes, de l'ordre de quelques jours à quelques semaines. Les polymères naturels peuvent répondre à ces besoins. Nous avons étudié *in vitro* et *in vivo* l'évolution de matériaux en amidon qui présente l'avantage d'être abondant, bon marché et avec lequel des objets massifs en trois dimensions peuvent être mis en forme. Les meilleurs résultats en termes de tenue au vieillissement et de biocompatibilité sont obtenus sur un amidon de pomme de terre plastifié avec du glycérol.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.02.006>



Tournesol et colza, des résidus susceptibles d'être convertis en lipides d'intérêt

Aujourd'hui, la réduction de l'utilisation des produits issus du pétrole conduit à se tourner vers des matières premières issues de la biomasse, telles que les lipides. Identifier de nouvelles ressources renouvelables, qui n'entrent pas en compétition avec les filières alimentaires, ou de nouvelles molécules pour répondre aux besoins de la chimie verte sont des enjeux majeurs dans le contexte économique et écologique actuel. Des chercheurs de l'Inra, d'AgroParisTech et du CNRS démontrent pour la première fois que les tiges de tournesol et les pailles de colza sont de bons substrats pour la croissance de la bactérie *Streptomyces lividans*, utilisée pour produire des molécules d'intérêt, tels des antibiotiques ou des lipides. Ainsi, au cours de leur croissance sur ces fibres végétales, les bactéries produisent des acides gras dont 75 % sont des acides gras branchés ou comportant un nombre impair de carbones, propriétés originales et d'intérêt pour la chimie du carbone renouvelable.

<http://dx.doi.org/10.1051/ocl/2015052>



5.

Pour des systèmes alimentaires sains & durables

Santé, durabilité et alimentation, l'Inra s'intéresse à leurs liens
qui s'avèrent à la fois étroits et complexes.
Ils font l'objet d'avancées majeures, qu'elles concernent
notre flore intestinale ou nos comportements alimentaires...





SOMMAIRE

5.1 Notre intestin et notre santé 36

- Cancer colorectal : le rôle central du fer dans la viande rouge 36
- Un catalogue du microbiote intestinal de la souris 36
- La susceptibilité individuelle à la toxicité hépatique de l'alcool dépend du microbiote intestinal 36
- Une nouvelle molécule anti-inflammatoire provenant d'une bactérie de l'intestin 36

5.2 Regards sur nos aliments 37

- Pourquoi la coquille des œufs de poule est-elle si solide ? 37
- Comment mieux comprendre la synthèse des arômes en fermentation œnologique 37
- Qui a dit que les produits frits devaient être gras ? 37

5.3 Quels sont les déterminants de notre comportement alimentaire ? 38

Interview : Jean Dalongeville (Chef du département Alimentation humaine, Inra)

Diminuer la consommation de produits défavorables

- L'impact du code couleur sur la consommation et la santé 39
- Impact du choix de l'aliment sur le comportement alimentaire 40
- Impact d'un amorçage olfactif et d'un message de prévention sur les choix d'aliments à haute densité énergétique 40
- Des aliments plus attractifs pour stimuler l'alimentation des personnes âgées atteintes de troubles cognitifs 40
- L'alimentation à découvert 40
- Comportements alimentaires et liens sociaux 41



Cancer colorectal : le rôle central du fer dans la viande rouge

Le lien entre alimentation et risque de cancer du côlon est maintenant bien établi au niveau international : selon l'épidémiologie, près de 15 % de ce cancer seraient attribuables à une consommation excessive de viande rouge et de charcuterie. Afin de mieux comprendre et prévenir ce risque, des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec l'École nationale vétérinaire de Toulouse et l'université de Reading en Angleterre, explorent les mécanismes possibles de ces associations. Ils montrent que le fer héminique de la viande rouge est le principal facteur en cause dans la promotion du cancer du côlon. De plus, ils expliquent cet effet *via* une réaction de ce fer avec des lipides alimentaires aboutissant à la formation de composés fortement toxiques pour les cellules épithéliales coliques. De tels résultats vont permettre d'affiner les recommandations alimentaires afin de définir une stratégie de prévention nutritionnelle efficace.

<http://dx.doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-14-2554>

M Métaprogramme
MEM

Publication d'exception



Un catalogue du microbiote intestinal de la souris

Le rôle essentiel du microbiote intestinal dans la santé humaine (immunité, digestion, détoxification...) commence à être compris grâce à l'analyse massive de l'ADN des bactéries qui le composent. La connaissance du microbiote intestinal d'animaux modèles comme la souris peut être d'un grand intérêt pour étudier les relations microbiote-nutrition-santé. Dans cette étude, un catalogue du métagénome intestinal de souris est établi, comprenant environ 2,6 millions de gènes uniques par séquençage de l'ADN. Si le microbiote intestinal de la souris est fonctionnellement similaire à son homologue humain, seulement 4 % des gènes microbiens de l'intestin de la souris sont identiques à ceux du microbiote intestinal humain. Xiao L. et al. *Nature biotechnology*.

<http://dx.doi.org/10.1038/nbt.3353>



La susceptibilité individuelle à la toxicité hépatique de l'alcool dépend du microbiote intestinal

La maladie alcoolique du foie est un problème majeur de santé publique. L'atteinte hépatique est variable, s'étendant de la simple accumulation de graisse à l'hépatite alcoolique aiguë et à la cirrhose. Néanmoins, toutes les personnes ne sont pas égales devant la toxicité de l'alcool sur le foie. Malgré une consommation d'alcool excessive, certaines personnes restent en bonne santé alors que d'autres développent une maladie du foie. Cette inégalité devant la toxicité hépatique de l'alcool dépend du microbiote intestinal. Ces résultats ouvrent ainsi de nouvelles perspectives, non seulement pour dépister les personnes susceptibles d'être sensibles à la toxicité de l'alcool, mais également pour améliorer le traitement des lésions hépatiques induites par l'alcool en modulant le microbiote intestinal.

<http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2015-310585>

Une nouvelle molécule anti-inflammatoire provenant d'une bactérie de l'intestin

Des chercheurs de l'Inra, de l'Inserm, des hôpitaux de Paris et de l'université Pierre et Marie Curie viennent d'identifier une protéine sécrétée par la bactérie *Faecalibacterium prausnitzii*, qu'ils ont appelée MAM - Microbial Anti-inflammatory Molecule - et qui joue un rôle actif dans la lutte contre l'inflammation intestinale. Cette découverte constitue un pas décisif dans le développement d'une nouvelle stratégie thérapeutique pour les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin.

<http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2014-307649>

Pourquoi la coquille des œufs de poule est-elle si solide ?

Les œufs sont utilisés soit comme aliment de haute qualité nutritionnelle pour un coût faible ou bien comme chambre embryonnaire pour produire les futurs poulets de chair. La coquille de l'œuf de poule assure la protection physique de l'œuf, garantit au consommateur un produit exempt de pathogènes et protège l'embryon lors de son développement. Les chercheurs de l'Inra obtiennent des avancées majeures sur les mécanismes de minéralisation en caractérisant le rôle prépondérant du carbonate de calcium amorphe qui agit en interaction avec une cohorte de protéines pour donner à la coquille ses propriétés mécaniques remarquables. Ces protéines constituent des marqueurs biologiques potentiels de la solidité de la coquille.

<http://dx.doi.org/10.1186/s12864-015-2013-3>

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2015.05.034>

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsb.2015.04.014>



Comment mieux comprendre la synthèse des arômes en fermentation œnologique

La synthèse des arômes fermentaires pendant la fermentation alcoolique est un phénomène majeur pour la qualité des vins. Toutefois, les poids relatifs des paramètres environnementaux et du choix de la souche de levure sur la production de ces arômes sont encore mal connus. Les résultats obtenus par une approche multidisciplinaire clarifient l'impact de la température et des nutriments (azote, lipides) sur la synthèse de composés marqueurs et identifient des interactions entre ces trois paramètres. En parallèle, une étude spécifique permet de mieux comprendre le métabolisme d'une souche surproductrice d'esters impliqués dans l'arôme fruité des vins.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00253-014-6210-9>



Qui a dit que les produits frits devaient être gras ?

L'huile du bain de friture pénètre dans les produits frits (frites, chips, nuggets) principalement quand ces derniers sont retirés du bain. Lors de l'étape d'immersion, la sortie de la vapeur au travers de la croûte crée une surpression interne qui s'oppose à l'imprégnation en huile. Au contraire, quand la friture est retirée du bain, la condensation de la vapeur met en dépression le cœur du produit. Le retour à la pression atmosphérique est alors obtenu à la fois par la pénétration de l'huile, qui adhère à la surface du produit et par la pénétration de l'air extérieur. Ces deux phénomènes rapides sont imagés et modélisés à l'échelle microscopique pour la première fois. La production de produits frits non gras est aujourd'hui devenue possible.

<http://dx.doi.org/10.1002/aic.14801>

<http://dx.doi.org/10.1002/aic.14744>



Diminuer la consommation de produits défavorables



INTERVIEW



Jean Dallongeville
Chef du département Alimentation humaine
Inra

Pourquoi imposer un code pour les aliments ?

La proposition d'imposer un code pour les aliments a pour but de fournir une information objective sur la qualité des aliments en regard des recommandations (normes) en vigueur dans le pays, par exemple le PNNS en France. On peut très bien imaginer des codes respectant d'autres normes comme la préservation de l'environnement, circuits courts, produits de terroir...

Doit-on considérer un produit E comme dangereux pour la santé ?

Un produit n'est pas dangereux en soi ou, à l'inverse, exclusivement sain pour la santé. Le principe d'une alimentation saine est la variété. L'idée générale est donc de diminuer la consommation de produits « défavorables » et d'augmenter la consommation

des produits « favorables » pour couvrir au mieux l'ensemble des besoins des individus.

Un produit n'est pas dangereux en soi ou, à l'inverse, exclusivement sain pour la santé. Le principe d'une alimentation saine est la variété

Qu'est-ce que ce code va changer pour les producteurs ?

Éventuellement, la labélisation des aliments peut conduire les industriels de l'alimentation à modifier la formulation de leurs produits pour améliorer leur impact sur la santé, par exemple diminuer les concentrations de sel ou de sucre.

Et pour le consommateur ?

Le consommateur va gagner en simplicité d'information. À terme une labélisation

bien conçue doit l'aider à faire son choix sur un critère « santé » et l'aider ainsi à mieux équilibrer son régime alimentaire tout en préservant la diversité.



L'impact du code couleur sur la consommation et la santé

Le système 5-C repose sur le calcul d'un score de qualité nutritionnelle développé par la Food Standards Agency britannique (FSA) qui prend en compte plusieurs éléments présents sur l'étiquetage nutritionnel (calories, sucres simples, acides gras saturés, sodium, fibres, protéines et pourcentage de fruits et légumes pour 100 g de produit) pour aboutir à un indicateur unique et global de la qualité nutritionnelle de l'aliment.

Plusieurs études contribuent à la validation du score FSA en montrant, d'une part que le système d'information nutritionnelle coloriel à 5 couleurs (5-C) est le plus efficace pour permettre aux consommateurs de reconnaître et comparer la qualité nutritionnelle des aliments y compris dans des populations « à risque » (sujets âgés, bas revenus, faible niveau d'éducation, faible niveau de connaissance en nutrition, personnes en surpoids ou obèses).

(<http://dx.doi.org/10.3390/nu7085325> ; <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0140898>).

D'autre part, l'intérêt de l'utilisation du code 5-C est mis en évidence de façon prospective pour prédire, au niveau individuel, le risque de prise de poids et d'apparition d'un surpoids et d'une obésité chez les hommes (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.08.022>) et le risque de maladies (cancers, maladies cardio-vasculaires). (<http://dx.doi.org/10.017/S0007114515003384>).

L'étude suivante va plus loin, en testant l'impact de différentes signalétiques nutritionnelles (dont le logo coloriel 5-C) apposées sur la face avant des emballages de divers aliments sur les intentions d'achat des consommateurs. Un essai randomisé contrôlé est mis en place chez 11 981 individus participant à la cohorte NutriNet-Santé. Un supermarché expérimental similaire aux sites de vente en ligne, est utilisé et regroupe 269 produits différents, de marques nationales ou distributeurs présentés avec les informations habituelles sur ce type de site : nom, prix et photo du produit avec le logo correspondant. Il est demandé aux participants de faire leurs courses dans ce supermarché en ligne et de choisir les aliments pour une semaine de consommation pour l'ensemble de leur foyer. Les résultats de cette étude soulignent l'intérêt d'apposer une signalétique d'information nutritionnelle sur la face avant des emballages des aliments pour guider les consommateurs lors de leurs choix alimentaires. Le logo 5-couleurs (5-C) s'est avéré être le plus efficace pour améliorer la qualité nutritionnelle du panier d'achat et ce, dans la majorité des sous-groupes d'individus, y compris ceux risquant d'avoir un régime alimentaire de moins bonne qualité. Il apparaît donc comme un levier efficace pour guider de façon équitable, l'ensemble des consommateurs vers des produits de meilleure qualité nutritionnelle.

Le code à cinq couleurs, pour mieux aider les consommateurs à se repérer dans les aliments, divise. Les tenants de la santé publique rencontrent sur ce sujet l'opposition à la fois de l'industrie agro-alimentaire et de la grande distribution, opposées à « la stigmatisation de certains produits » et à l'utilisation de la couleur rouge.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2015.10.020>



M Métaprogramme
DID'IT

Impact du choix de l'aliment sur le comportement alimentaire

La généralisation de la restauration hors domicile (cantine scolaire, restaurants d'entreprises. . .) s'accompagne fréquemment d'une augmentation de la possibilité de choisir : choisir son entrée ou son dessert, choisir l'accompagnement de la viande, choisir son assaisonnement. . . Si de nombreuses études montrent un impact du choix sur le comportement d'achat, il existe encore peu d'études sur l'impact du choix sur le comportement à table. Pouvoir choisir un plat, par exemple choisir son dessert parmi trois propositions également appréciées, entraîne une augmentation des quantités consommées chez des adultes sains de poids normal.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2015.11.018>



M Métaprogramme
DID'IT

Impact d'un amorçage olfactif et d'un message de prévention sur les choix d'aliments à haute densité énergétique

Il est maintenant admis qu'une grande part de nos choix alimentaires est davantage guidée par des processus non conscients que par une réflexion consciente. Cette étude montre que l'exposition incidente à une odeur d'aliment gras sucré et/ou à un message auditif de prévention peut influencer les choix alimentaires subséquents chez des adultes.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2015.06.012>



Des aliments plus attractifs pour stimuler l'alimentation des personnes âgées atteintes de troubles cognitifs

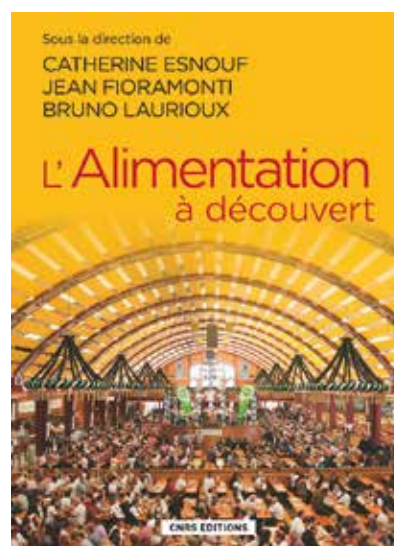
L'appréciation pour un aliment reste un moteur de sa consommation malgré la maladie. En revanche, les facteurs de l'appréciation sont modifiés : les facteurs sensoriels, liés à l'aliment, deviennent prépondérants face aux facteurs cognitifs, liés au sujet et ses représentations en mémoire. Il est essentiel d'adapter l'offre alimentaire de façon évolutive selon les spécificités engendrées par la maladie d'Alzheimer afin de redonner ou stimuler le plaisir de manger et de lutter ainsi contre le risque de dénutrition.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.12.011>



L'alimentation à découvert

L'alimentation des enfants et des personnes âgées ? Manger de la viande aujourd'hui ? La faim dans le monde ? Les régimes amaigrissants ? Quels impacts des circuits courts ? L'alimentation suscite aujourd'hui de multiples interrogations dans notre quotidien. Pour en comprendre les enjeux dans toute leur diversité, CNRS Éditions publie un ouvrage de référence : « L'alimentation à découvert », auquel ont participé 163 scientifiques, notamment de l'Inra.





Comportements alimentaires et liens sociaux

Les bonbons au collège, entre objet de transgression et instrument de lien social

En France, les bonbons sont synonymes de plaisir, de fête et de partage. À la faveur d'une vaste étude de terrain, une sociologue de l'Inra révèle qu'au collège, les bonbons sont un élément, voire un instrument, de construction des liens sociaux qui permet aux préadolescents de trouver leur place au sein de la classe. <http://aof.revues.org/7848>



Manger mieux avec un petit budget, c'est possible mais c'est plus difficile

S'il est acquis que les populations les plus défavorisées ont une alimentation moins en accord avec les recommandations nutritionnelles, le lien entre budget et équilibre alimentaire n'est pas aussi simple. Une revue bibliographique réalisée en collaboration avec l'Université de Washington porte sur la contribution du prix des aliments aux inégalités sociales en matière de choix alimentaires et de nutrition. <http://dx.doi.org/10.1093/nutrit/nuv027>

Sauter les repas : un indicateur d'inégalités sociales ?

Une analyse, menée par des chercheurs Inra et Inserm sur un échantillon de 2 994 adultes habitant l'agglomération parisienne, montre que les $\frac{3}{4}$ de la population continuent de prendre trois repas par jour. Ne déclarent que deux repas par jour, soit des jeunes peu insérés socialement soit des jeunes urbains diplômés qui débutent leur vie professionnelle. Le modèle des trois repas reste fortement ancré dans les habitudes alimentaires. Prendre deux repas est, dans certains cas, la manifestation d'inégalités sociales. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0119161>



6.

Des approches prédictives

Simuler la forme d'une plante ou d'un arbre, prédire les anomalies génétiques pour éviter les maladies ou encore faire fabriquer une molécule d'importance par un microorganisme minimum, tels sont les enjeux de la modélisation conduite à l'Inra...



SOMMAIRE

Dialogue gène-forme : les gènes contrôlent la forme du tissu... et inversement !	44
Prédire les anomalies génétiques récessives chez les animaux de rente	44
Un acide gras comme biomarqueur de l'obésité	44
Biologie des systèmes - Biologie de synthèse	45

Dialogue gène-forme : les gènes contrôlent la forme du tissu... et inversement !



Comment les plantes acquièrent-elles leur morphologie ? Comment la prédire ? Quels mécanismes génétiques régissent la forme des plantes au cours de leur développement ? Les scientifiques montrent comment les gènes contrôlent la géométrie des tissus en affectant les propriétés chimiques et mécaniques des cellules. Maintenant, un enjeu majeur est de comprendre comment ces signaux biochimiques conduisent à

une modification de la forme des tissus et comment cette forme influence en retour leur régulation. Pour ce faire, des outils de simulations numériques permettant de coupler données biochimiques et biophysiques sont en cours de développement. (<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003950>)

Aujourd'hui, la question est de savoir si, en retour, ces mêmes propriétés peuvent agir sur l'activité des gènes. Comme l'art de l'origami le démontre, toutes les formes peuvent être générées à partir de plis successifs. En biologie, de nombreux gènes sont impliqués dans la formation des plis, un processus clé pour le développement. Des chercheurs démontrent qu'en retour, chez les plantes, la forme en plis peut contrôler et stabiliser l'expression des gènes *via* des signaux mécaniques. (<http://dx.doi.org/10.7554/eLife.07811.001>)

De la même manière, l'expression d'un gène dans la couche mécano-sensible de l'enveloppe de la graine répond à la fois à la pression interne, et aux stress externes imposés sur les graines en développement (<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms7382>). Ces travaux apportent un nouveau regard sur la biologie du développement et ouvrent des perspectives en recherche biomédicale et agronomique.

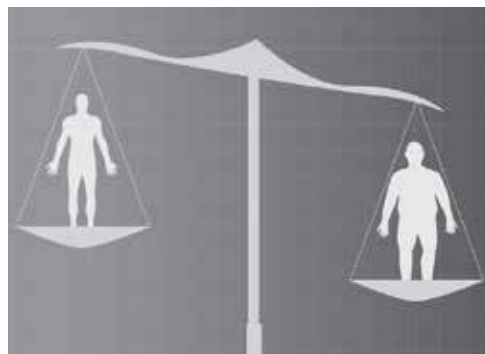
Prédire les anomalies génétiques récessives chez les animaux de rente

Les races bovines, en particulier laitières, sont des populations génétiquement petites et cela se traduit par une augmentation progressive de la consanguinité, favorisant l'émergence d'anomalies génétiques récessives comme le Syndrome d'hypoplasie généralisée capréoliforme (SHGC) en race Montbéliarde. Le syndrome SHGC se rapproche du syndrome de Seckel chez l'homme. L'analyse cartographique d'une collection de cas recensés par l'Observatoire national des anomalies bovines (Onab) permet la localisation du gène et l'identification de la mutation causale, permettant ainsi la mise en place d'un test génétique pour éradiquer cette anomalie en race Montbéliarde. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms7894>



Un acide gras comme biomarqueur de l'obésité

L'obésité est devenue un enjeu sociétal et de santé majeur ces dernières années. Le nombre d'obèses ne cesse de croître et la restriction alimentaire est une stratégie couramment proposée aux patients atteints de cette maladie. Une approche d'intégration de données par réseau met en évidence le rôle d'un acide gras qui n'est pas présent dans la nourriture dans le contrôle pondéral et permet de comprendre comment les signatures moléculaires du tissu adipeux réagissent au contrôle pondéral chez des obèses. Cette approche représente une méthode alternative de traitement de l'obésité basée sur des biomarqueurs. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004047>





Biologie des systèmes - Biologie de synthèse

Le couplage de la biologie des systèmes - qui analyse et modélise les systèmes biologiques du réseau de gènes au réseau métabolique - et de la biologie de synthèse - qui, par ingénierie, conçoit, construit et introduit des systèmes dans des souches « châssis » pour produire des molécules d'intérêt - est un enjeu majeur, souligné par le président de la république en 2014.

La France est active dans le domaine de la biologie de synthèse mais manque de visibilité à l'international. Afin de rendre plus visible cette communauté et d'inciter les collaborations entre les équipes françaises, le GDR BioSynSys est créé en 2015 par le CNRS et l'Inra (<http://biosynsys2015.sciencesconf.org>). Le GDR regroupe environ 120 équipes de recherche (secteurs public et privé) et le premier congrès du GDR réunit 170 participants à Paris en septembre 2015.

Comment prédire et quantifier les composants infra cellulaires d'une bactérie en croissance ?

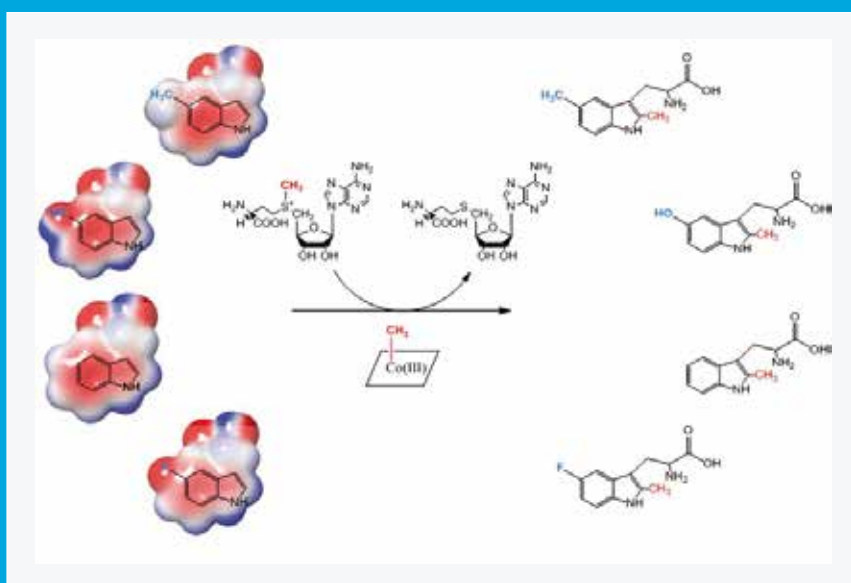
En biologie des systèmes, la mise à jour de principes généraux permettant de mieux comprendre les systèmes biologiques aux échelles infra cellulaires est évidemment centrale. Nous avons introduit, développé et publié une nouvelle méthode théorique de prédiction quantitative de l'ensemble des composantes infra des cellules bactériennes en phase de croissance exponentielle dans un milieu quelconque. Nous avons validé biologiquement la méthode et les principes qu'elle formalise.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ymben.2015.10.003>

Biosynthèse d'antibiotiques chez les bactéries : un mécanisme complexe élucidé

Des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec l'université du Michigan (États-Unis), démontrent comment de nouvelles enzymes bactériennes réalisent des réactions inédites pour la biosynthèse d'antibiotiques. Leurs résultats expliquent un nouveau type de mécanisme capable de transformer un simple acide aminé en molécule complexe et active. Ces travaux sont prometteurs pour la synthèse de molécules d'intérêt pharmaceutique, notamment la conception de nouveaux antibiotiques (*Bendjia A., Nature communications*).

<http://dx.doi.org/10.1038/NCOMMS9377>



7.

Agroécologie

Agronomie et écologie se croisent pour mieux comprendre le fonctionnement des cultures, des sols, des élevages et pour imaginer de nouveaux systèmes productifs qui utilisent au mieux les régulations naturelles. Les recherches menées à l'Inra soulèvent de nombreuses questions, qu'elles s'adressent à des communautés d'oiseaux, des symbioses entre champignons et plantes ou encore des pathogènes menaçants...



SOMMAIRE

Caractérisation fonctionnelle d'une large gamme d'espèces utilisées comme cultures intermédiaires	48
La mineuse de la tomate qui envahit le pourtour méditerranéen provient du centre du Chili	48
De la diversité dans les prairies pour faire face aux aléas climatiques	49
Un exemple de phyto-signal chimique au service du bio-contrôle	49
La processionnaire du pin : les arbres ornementaux, acteurs clés dans la progression des ravageurs	49
L'intensité de l'agriculture et sa répartition sur le territoire affectent la composition des communautés d'oiseaux	50
Aux racines des symbioses mycorhiziennes	51
LBioS, un modèle 3D pour élucider le rôle de la structure du sol	51
L'utilisation de réseaux trophiques pour la conservation des écosystèmes	51



Caractérisation fonctionnelle d'une large gamme d'espèces utilisées comme cultures intermédiaires

Les mélanges de cultures intermédiaires sont utilisés pour produire divers services écosystémiques de gestion de l'azote pendant l'interculture. Cependant, il existe peu d'informations permettant d'adapter le choix des espèces à associer en mélange pour avoir une bonne complémentarité des services (par exemple vitesse de croissance et d'acquisition de l'azote). Les travaux montrent que, contrairement aux espèces d'écosystèmes naturels, les traits fonctionnels foliaires sont imprécis pour prédire ces caractères chez les espèces utilisées en culture intermédiaire. La sélection végétale peut avoir induit cette dé-corrélation et il est donc nécessaire de revenir à l'analyse de traits plus en relation directe avec les objectifs agronomiques et de fonctionnement physiologique des espèces.

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0122156>

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.016>

La mineuse de la tomate qui envahit le pourtour méditerranéen provient du centre du Chili

Le ravageur de la tomate, *Tuta absoluta*, est originaire d'Amérique du Sud et est envahissante dans l'ensemble du bassin méditerranéen. Une analyse par une méthode bayésienne de la variabilité génétique d'échantillons de l'ensemble de son aire de répartition fournit des preuves solides que son origine est unique et se situe probablement dans le centre du Chili. Des parasitoïdes ou pathogènes sont échantillonnés dans cette région pour les importer en guise d'agents de lutte biologique.

<http://dx.doi.org/10.1038/srep08371>





Publication d'exception



De la diversité dans les prairies pour faire face aux aléas climatiques

Pour une production de fourrage optimale dans les prairies mieux vaut semer plusieurs espèces et plusieurs génotypes de la même espèce. En utilisant un dispositif expérimental original de 124 micro-peuplements, des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec le CNRS, démontrent les effets positifs et complémentaires d'une diversité spécifique (mélange d'espèces) et d'une diversité intraspécifique (diversité génétique au sein d'une même espèce) dans des prairies soumises à la sécheresse. Ces deux niveaux de diversité peuvent ainsi constituer un levier important pour la productivité, la qualité et la pérennité des systèmes agronomiques face au changement climatique.

Prieto I. et al., *Nature Plants*.

<http://dx.doi.org/10.1038/nplants.2015.33>



La processionnaire du pin : les arbres ornementaux, acteurs clés dans la progression des ravageurs

La processionnaire du pin est un insecte forestier en expansion du Sud vers le Nord de la France sous l'effet du changement climatique et qui soulève de nombreux problèmes phytosanitaires et de santé publique. En étudiant cette progression à travers la Beauce, les chercheurs démontrent le rôle crucial des arbres « hors forêt » dans la dispersion des ravageurs forestiers. Ils ouvrent ainsi des perspectives en matière de gestion des paysages, y compris en zone urbaine, notamment par le choix des essences plantées ; les arbres choisis pouvant limiter ou au contraire favoriser l'expansion des organismes nuisibles.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10980-015-0239-8>



Un exemple de phyto-signal chimique au service du bio-contrôle

Le cadre national des plans « éco-phyto » et le cadre européen dérèglementent l'utilisation de nombreux insecticides. Certaines cultures se retrouvent sans solutions phytopharmaceutiques. Les enjeux sont maintenant de proposer des solutions de biocontrôle compatibles avec la durabilité de la production de semences et de protéagineux en Europe. La bruche de la féverole, *Bruchus rufimanus*, et son hôte constituent un modèle de couple insecte spécialiste/plante-hôte dans lequel l'insecte reconnaît sa plante sur la base de signaux chimiques ; son olfaction est connectée à sa propre physiologie et à celle de la plante. L'étude de l'écologie chimique de l'insecte conduit à l'identification et à la formulation d'un mélange attractif qui peut être utilisé par les sélectionneurs dans la lutte contre l'insecte, facteur limitant de la culture. Le mélange fait l'objet d'un dépôt de brevet.





L'intensité de l'agriculture et sa répartition sur le territoire affectent la composition des communautés d'oiseaux

Si l'intensification de l'agriculture joue, au cours des dernières décennies, un rôle crucial pour augmenter la production alimentaire, elle engendre aussi des dommages environnementaux, affectant notamment la biodiversité des oiseaux des milieux agricoles. À partir d'une étude menée sur 152 petites régions agricoles, les chercheurs de l'Inra montrent que l'agriculture intensive avait un effet sur la composition des communautés d'oiseaux des milieux agricoles mais pas sur la taille de ces communautés. Ils démontrent aussi que cet effet est renforcé par la répartition sur le territoire de l'intensité agricole. Ainsi, les oiseaux spécialistes des prairies sont-ils d'autant plus affectés par l'intensité agricole que celle-ci est homogène sur le territoire. Des résultats déterminants en vue d'améliorer l'efficacité des mesures environnementales.

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0119674>



Publication d'exception



Aux racines des symbioses mycorhiziennes

Au cours de l'évolution, les champignons se sont spécialisés afin d'utiliser toutes les sources de carbone disponibles dans leur environnement. Un consortium international, coordonné par une équipe du centre Inra de Nancy-Lorraine et impliquant le Joint Genome Institute (JGI), la Clark University, le CNRS, et les universités de Lorraine et d'Aix-Marseille effectuent le séquençage de 13 nouveaux génomes de champignons symbiotiques mycorhiziens. Par son ampleur, cette avancée permet de reconstruire l'histoire évolutive de ces champignons associés aux plantes depuis leur origine et d'identifier les mécanismes clés de la symbiose. Les champignons sont étudiés pour leur importance économique (bolet, pisolithe) ou culturelle (amanite tue-mouche). Kohler A. et al. *Nature Genetics*.

<http://dx.doi.org/10.1038/ng.3223>



LBioS, un modèle 3D pour élucider le rôle de la structure du sol

La prédiction des pertes en carbone des sols est un enjeu majeur qui reste encore mal appréhendé par les modèles macroscopiques. Cette étude quantifie le rôle de la structure du sol et des interactions entre les processus biotiques et abiotiques sur la biodégradation des substrats carbonés dans les sols.

Un modèle décrivant dans les trois dimensions l'hétérogénéité des microenvironnements du sol à l'échelle des habitats microbiens est développé pour mieux prévoir le comportement des décomposeurs microbiens.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.05.020>



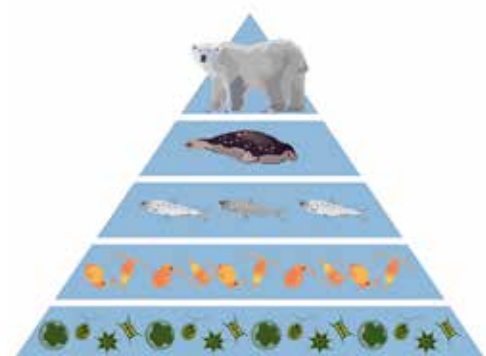
Publication d'exception



L'utilisation de réseaux trophiques pour la conservation des écosystèmes

Les réseaux trophiques sont un outil courant pour modéliser les interactions entre espèces au sein d'un écosystème. En équipant cet outil avec une sémantique probabiliste permettant d'évaluer la probabilité de survie des espèces, et en ajoutant des variables représentant des actions de conservation, nous proposons un cadre novateur et des outils pour optimiser la conservation de la biodiversité au sein d'un écosystème complexe. Au-delà des publications, la valorisation de ces travaux consiste en une production logicielle commune MIAT-CSIRO. *McDonald-Madden et al., Nature communications.*

<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms10245>





Éclairage sur...

SOMMAIRE

Santé : une affaire d'environnement	54
• Les propriétés moléculaires des contaminants organiques sont des clés pour prédire leur devenir dans l'environnement	54
• Chlordécone et filières animales antillaises : distribution tissulaire et stratégies de décontamination chez les ruminants	54
• Identification de nouvelles espèces zoonotiques de Bartonelles chez des patients piqués par des tiques	55
• La déconjugaison du bisphénol A glucuronide est un facteur déterminant de l'exposition fœtale au bisphénol A	55
• Des cartes sanitaires pour rechercher les contaminants environnementaux dans les aliments	55
Génomes et vins	56
• Des transporteurs d'oligopeptides acquis par transfert horizontal confèrent un avantage compétitif aux levures œnologiques	56
• Les origines méditerranéennes de la domestication des levures de vin révélées par des approches génomiques	57
• L'histoire du Pinot noir qui devient Pinot gris puis Pinot blanc...	57
Hôtes et pathogènes : jusqu'où va la manipulation ?	58
• Phoma du colza : jeu de cache-cache entre le champignon et sa plante hôte	58
• Guêpe parasite <i>Venturia</i> : le complice viral démasqué	59
• Comment les pucerons manipulent les plantes	59
• Un leurre pour tromper l'adversaire : les ruses moléculaires de l'Arabette	59
• Une nouvelle défense antivirale des plantes inhibée par les virus	59
L'Inra et les politiques publiques	60
• La mission d'expertise sur <i>Xylella fastidiosa</i> en Corse	60
• Défauts et corrections des méthodes économétriques d'évaluation de l'effet des politiques publiques	60
• Une aide à la conception d'une politique agricole et alimentaire urbaine	61
• Le logiciel Urbansimul, un outil d'analyse et de prospective sur le foncier	61



Éclairage sur... Santé : une affaire d'environnement

Sols, aliments, emballages, insectes... les sources de dangers pour la santé sont présents de façon quelquefois imperceptible dans notre environnement. Mieux les connaître pour mieux se protéger fait partie des objectifs de l'Inra.

Les propriétés moléculaires
des contaminants organiques
sont des clés pour prédire leur devenir
dans l'environnement



De nombreux contaminants organiques (pesticides, hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP, polychlorobiphényles - PCB...) sont susceptibles d'être présents dans l'environnement mais il est impossible d'y étudier leur devenir au cas par cas. Ce travail recense 790 relations « structure-activité » quantitatives (QSAR) permettant de prédire le devenir de ces composés à partir de leurs propriétés moléculaires. Il aide notamment à sélectionner les QSAR les plus pertinentes pour des composés (synthétisés ou non) à examiner et/ou pour leurs métabolites. Ce travail identifie aussi les propriétés moléculaires expliquant la variabilité du devenir des contaminants organiques dans l'environnement.
<http://dx.doi.org/10.1080/10643389.2014.955627>

Chlordécone et filières animales antillaises :
distribution tissulaire et stratégies de
décontamination chez les ruminants

Le chlordécone est un pesticide organochloré dont l'utilisation prolongée conduit à la contamination d'au moins 20 % des sols agricoles des Antilles françaises, ce qui entraîne un risque de contamination des animaux qui se répercute sur la santé des consommateurs. Ce travail vise à estimer la répartition du chlordécone dans différents tissus des ruminants en fonction de leur adiposité, et à tester l'effet de cette adiposité et de l'ajout de charbon actif ou d'huile de paraffine sur la cinétique de décontamination. Une période de décontamination de 30 jours est suffisante pour observer une diminution des niveaux de chlordécone de plus de 75 % dans les deux groupes expérimentaux qui ont suivi.

<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-015-5833-4>



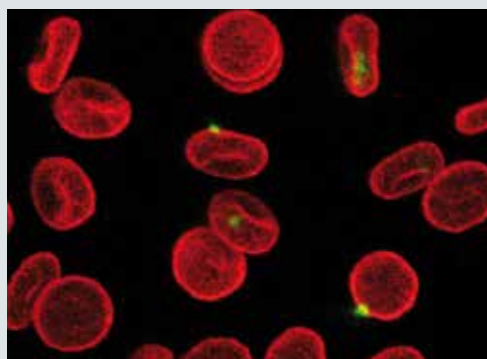


Identification de nouvelles espèces zoonotiques de *Bartonelles* chez des patients piqués par des tiques

Les tiques sont les premiers vecteurs d'agents pathogènes pour l'homme et l'animal en Europe. Malgré leur fréquence et leur importance clinique, les maladies transmissibles par les tiques restent peu connues et mal diagnostiquées. En analysant du sang de patients piqués par des tiques, nous identifions et isolons pour la première fois chez l'homme des espèces de *Bartonella* issues de la faune sauvage dans un contexte de piqûre de tique. Ce travail illustre parfaitement la nécessité de prendre en considération conjointement l'homme et les animaux (faune sauvage + faune d'élevage) pour comprendre l'écologie des maladies infectieuses afin de mieux les diagnostiquer pour les traiter dans une dynamique « Santé-Environnement ».

<http://dx.doi.org/10.2217/FMB.15.15>

<http://dx.doi.org/10.3201/eid2203.150269>



Des cartes sanitaires pour rechercher les contaminants environnementaux dans les aliments

De très nombreux polluants environnementaux sont retrouvés dans les aliments en particulier les dioxines et polychlorobiphényles (PCB) toxiques même à faible dose. En prenant comme aliment modèle la viande, nous mettons au point une méthode d'analyse pour suivre simultanément l'ensemble des composés de ces familles de polluants en mettant en œuvre la chromatographie exhaustive en phase gazeuse bidimensionnelle couplée à la spectrométrie de masse à temps de vol. Nous dressons des « cartes sanitaires » comprenant 17 dioxines et 189 des 209 PCBs qui peuvent être utilisées pour étudier d'autres aliments contaminés. Nous les mettons en œuvre pour étudier l'impact sanitaire de ces contaminants sur le consommateur.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2015.02.054>

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2015.01.045>



La déconjugaison du bisphénol A glucuronide est un facteur déterminant de l'exposition fœtale au bisphénol A

Chez le fœtus ovien qui est un modèle d'étude de la physiologie fœtale humaine, nous montrons que l'hydrolyse du bisphénol A glucuronide (BPAG), piégé dans le compartiment fœtal, prolonge de façon considérable la demi-vie du bisphénol A (de 20 minutes à plusieurs centaines d'heures) et augmente de 43 % l'exposition fœtale au BPA. Ceci signifie que même si le BPAG est inactif par lui-même, il constitue un déterminant de l'exposition fœtale au BPA. Il s'agit typiquement d'une démarche de nature « une seule santé » appliquée aux contaminants perturbateurs endocriniens qui affectent l'homme comme l'animal.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.006>

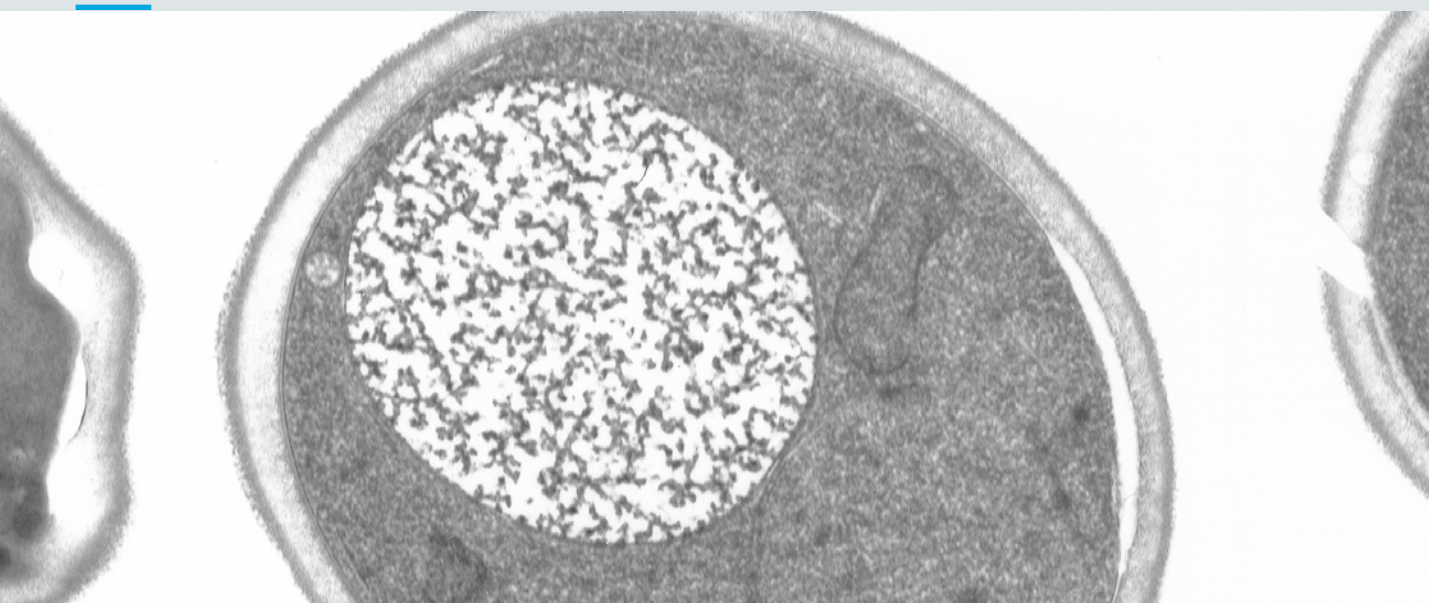




Éclairage sur... Génomes et vins

Nous savons depuis quelques années que les génomes ne sont pas des objets immobiles mais qu'ils évoluent au cours du temps, sous l'effet de contraintes environnementales ou sous l'effet de la domestication par l'homme. Celui-ci cherche encore et encore à adapter les espèces sauvages pour les élever ou les cultiver à sa façon... et en particulier pour fabriquer le vin !

Des transporteurs d'oligopeptides acquis par transfert horizontal confèrent un avantage compétitif aux levures œnologiques



Les levures œnologiques, *Saccaromyces cerevisiae*, sont utilisées depuis des millénaires pour l'élaboration du vin et présentent des caractéristiques uniques au sein de l'espèce. Les mécanismes impliqués dans l'adaptation de ces souches à leur environnement, qui les expose à de nombreux stress, restent mal connus. Ce travail révèle que des gènes codant pour des transporteurs de petits peptides, acquis il y a quelques milliers d'années par les levures de vin, *S. cerevisiae*, à partir d'une autre espèce de levure, leur apporte un avantage sélectif dans le moût de raisin. Ces résultats mettent en lumière les bénéfices des transferts horizontaux de gènes dans l'évolution des génomes et dans l'adaptation des levures œnologiques à leur environnement.

<http://dx.doi.org/10.1111/1462-2920.13117>

<http://dx.doi.org/10.1093/molbev/msv057>



Les origines méditerranéennes de la domestication des levures de vin révélées par des approches génomiques



Le développement des levures de vin de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* est supposé être contemporain de l'expansion de la culture de la vigne autour du bassin méditerranéen. Jusqu'à présent, la faible disponibilité de lignées sauvages a empêché l'identification des ressources génétiques les plus proches des *S. cerevisiae* de vin. Ce travail montre l'existence d'une population de levures *S. cerevisiae* sauvages isolées à partir de chênes autour du bassin méditerranéen. L'analyse de données génomiques et la comparaison à un modèle de simulation de l'évolution des populations permettent d'identifier que ce groupe de levures sauvages est à l'origine de la population de levures de vin.

<http://dx.doi.org/10.1111/mec.13341>

L'histoire du Pinot noir qui devient Pinot gris puis Pinot blanc...

Pour un cépage donné, tous les pieds de vigne sont identiques... ou presque. En effet, des échanges de chromosomes de grande ampleur peuvent entraîner la perte de la synthèse des pigments rouges, les anthocyanes, responsables de la couleur des baies. On peut ainsi comprendre la diversité de couleur de la baie de la famille des Pinots (Pinot noir, gris ou blanc) et comment à partir d'un Pinot noir produisant des baies noires peuvent apparaître des pieds de Pinot gris et de Pinot blanc.

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1005081>





Éclairage sur...

Hôtes et pathogènes : jusqu'où va la manipulation ?

Camouflage, vitesse, illusions d'optique... le règne animal regorge de stratégies permettant aux prédateurs de capturer leurs proies ou, inversement, à ces dernières de leur échapper. De telles ruses sont également déployées à l'échelle moléculaire dans le monde végétal.



Métabrogramme
SMaCH

Phoma du colza : jeu de cache-cache entre le champignon et sa plante hôte



La sélection et l'utilisation de variétés de colza naturellement résistantes au champignon responsable des nécroses du collet, *Leptosphaeria maculans*, sont largement répandues pour lutter contre cet agent pathogène. De manière inattendue, puisqu'habituellement chaque résistance est spécifique d'une seule race de pathogène, les deux résistances Rlm3 et Rlm7 interfèrent : l'apparition de souches capables d'attaquer des plantes porteuses de Rlm7 s'accompagne de la réapparition de souches capables d'attaquer celles porteuses de Rlm3. Ces travaux ouvrent la voie à de nouvelles perspectives en matière de lutte génétique contre cette maladie en déployant les variétés résistantes de manière raisonnée pour en accroître la durabilité.
<http://dx.doi.org/10.1111/nph.13736>



A close-up photograph of a flowering plant, likely a species of Brassica. The image shows several small, white, four-petaled flowers with yellow centers, interspersed with green buds and developing flower stalks. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural, outdoor setting.

A

Col	RTL1			RTL1-Flag	
	#1	#2	#3	#1	#2

B

Col	RTL1
#1	
- mR173 (old)	
- ta-siRNA TAS1	
- ta-siRNA TAS2	
- p4-siRNA 5S	
- p4-siRNA siO2	
- U6	

C

Col	RTL1		RTL1-Flag	
	#2	#3	#1	#2
- mR159 (old)				
- mR160 (old)				
- mR164 (old)				
- mR167 (old)				
- mR173 (old)				
- mR822 (young)				
- ta-siRNA TAS1				
- ta-siRNA TAS2				
- endoR-siRNA 7'				
- p4-siRNA 5S				
- U6				



Éclairage sur... L'Inra et les politiques publiques

L'une des missions de l'Inra est d'éclairer les prises de décision des politiques publiques accompagnant les évolutions du monde agricole ou lors de crises majeures. Ce travail s'effectue au sein de la Délégation à l'Expertise scientifique collective, à la Prospective et aux Études (DEPE), mais aussi au travers de travaux menés directement par les équipes de recherche.



La mission d'expertise sur *Xylella fastidiosa* en Corse

À la suite de la première détection de *Xylella fastidiosa* en Corse le 22/07/15 le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt sollicite l'Institut pour réaliser une mission d'expertise afin de formuler des recommandations sur les dispositifs régionaux et nationaux ainsi que sur les besoins en termes de connaissances scientifiques. La mission comporte quatre points : 1) appui des services de l'état en Corse lors de l'enquête épidémiologique sur l'origine du foyer, 2) échantillonnage et analyse des insectes potentiellement vecteurs de la bactérie, 3) analyse des connaissances scientifiques actuelles sur les vecteurs potentiels de *Xylella*, 4) analyse préliminaire des facteurs de risque d'expansion de la maladie.

Défauts et corrections des méthodes économétriques d'évaluation de l'effet des politiques publiques

Un chercheur de l'Inra montre qu'une méthode d'évaluation économétrique de l'impact des politiques publiques, très utilisée notamment pour mesurer les effets des politiques environnementales, souffre d'un problème majeur et l'auteur fait des préconisations méthodologiques pour le résoudre.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jeconom.2014.09.013>





Métaprogramme
GloFoods

Une aide à la conception d'une politique agricole et alimentaire urbaine

Un partenariat Inra-Montpellier Méditerranée métropole est créé pour accompagner le processus de définition d'une politique agricole et alimentaire portée conjointement par la métropole et les 31 communes qui la composent. Les chercheurs réalisent un diagnostic interdisciplinaire sur la situation agricole et alimentaire du territoire, et animent une réflexion avec les élus et agents des services sur des orientations et actions possibles. Les résultats de ces travaux sont remis à la métropole qui s'en est servie pour définir une politique agroécologique et alimentaire dont la mise en œuvre a débuté.



Le logiciel Urbansimul, un outil d'analyse et de prospective sur le foncier

Dans le cadre d'un partenariat avec la région PACA, l'Inra et le Cerema Méditerranée développent Urbansimul, un logiciel d'analyse et de simulation de l'occupation du sol et sa régulation à l'échelle parcellaire sur l'ensemble de la région PACA. L'ampleur du système d'information géographique qu'il propose constitue une première à l'échelle internationale. À la fois outil de recherche intégré à plusieurs projets et outil d'aide à la décision dans le cadre de la planification urbaine, Urbansimul est mis à disposition des collectivités territoriales et des services de l'État dès la fin de l'année 2015.





Directeur de la publication : François Houllier
Coordination éditoriale : Françoise Vedele, Jean-François Launay et Eric Connehaye
Relecture : Frédérique Chabrol
Crédits photos : Photothèque Inra - Wiki media Commons
Conception graphique et réalisation : Studio Création Inra
Coordination de la traduction : Christine Young
Imprimerie : POINT 44 - 342, rue du Prof Paul Milliez - 94500 Champigny sur Marne

Inra 147, rue de l'Université - 75338 PARIS | Tél. : +33(0)1 42 75 90 00
Inra.fr



2015

RAPPORT ANNUEL



Inra 147, rue de l'Université - 75338 PARIS | Tél. : +33(0)1 42 75 90 00
inra.fr

