RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

INRAE

Rapport d'activité **2019**

INRA • IRSTEA

Rapport d'activité
2019

INRA • IRSTEA

Séminaire de préfiguration
©INRAE

En préambule

L'année 2019 fut particulière pour l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) et pour l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea), qui ont poursuivi leurs objectifs d'excellence scientifique, de production de connaissances au service de l'innovation et l'appui aux politiques publiques, et d'ouverture à l'international, tout en travaillant main dans la main à la naissance début 2020 de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, INRAE. Ce rapport d'activité a été conçu et réalisé par les équipes aujourd'hui réunies de chaque institut. Il met en lumière les avancées permises par les deux collectifs de travail tout en illustrant la complémentarité de leurs travaux et de leurs missions.

Sommaire

Mot du président 08

Panorama 2019 010

00 Préfiguration INRAE 012

01 L'adaptation au changement global 018

02 Des agricultures diverses et multi-performantes 028

03 La biodiversité, un élément clé pour le fonctionnement des écosystèmes naturels et cultivés 044

04 Préserver les ressources 050

05 Une alimentation saine et durable 056

06 Bioressources & bioéconomie 066

07 Préparer les priorités Recherche de demain 072

08 La mobilisation de la science en appui aux politiques publiques 076

09 Partenariats et innovation 080

010 Europe et international 090

011 Anticiper et accompagner les évolutions 094

Mot du président

Si INRAE, nouveau leader mondial de la recherche dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement, a pu voir le jour en 2020, réunissant les 11 500 talents venus de l'Inra et d'Irstea, c'est grâce à l'intense **travail de réflexion et de préfiguration** que Marc Michel, PDG d'Irstea, et moi-même avons eu l'honneur de mener en 2019 avec toutes nos équipes. Motivé par les synergies possibles en termes de compétences, de programmation scientifique et d'infrastructures, ce projet s'est traduit par la recomposition de nos départements scientifiques. Pour répondre aux évolutions de notre société et à ses attentes vis-à-vis de la science, une direction générale déléguée à l'expertise et l'appui aux politiques publiques et une direction pour la science ouverte ont été construites. Nous avons pu, durant toute cette période, tirer profit d'un dialogue social continu pour mener un projet de fusion assurant le maintien de tous les emplois, de tous les sites, et respectant les souhaits de mobilité professionnelle de chacun. Cette fusion, exceptionnelle par son ampleur dans le paysage français de l'enseignement supérieur et de la recherche, n'aurait pas été possible sans la mobilisation de l'ensemble de nos personnels et l'appui de nos tutelles.

Malgré ce chantier organisationnel de taille, nos unités sont restées performantes sur le plan scientifique et partenarial, en France et à l'international, comme le montre ce rapport annuel. Les faits marquants qui ont jalonné cette année 2019 s'inscrivent dans la **dynamique d'ouverture** de nos deux organismes au monde socio-économique avec la création de six start-up, à la société civile avec le développement des sciences participatives ou à nos partenaires de l'enseignement supérieur avec de nouvelles stratégies de sites permises par notre rapprochement. Nos équipes ont par exemple connu de belles réussites dans le cadre de la 3e génération de Programmes d'investissements d'avenir (PIA), avec la création des Territoires d'Innovation qui associent la recherche et les acteurs locaux (collectivités, entreprises innovantes, associations et citoyens). Nous sommes en effet les seuls acteurs à être impliqués dans sept d'entre eux, dans des domaines aussi divers que l'élevage, la viticulture, la sylviculture, l'alimentation durable, la transition numérique, la qualité des eaux ou la résilience des littoraux. À l'échelle nationale, la ministre de la Recherche a renouvelé sa confiance à l'Inra en le désignant pilote du Programme prioritaire de recherche « Cultiver et protéger autrement », qui vise à trouver des alternatives à l'usage de produits phytosanitaires, avec pour mission de mobiliser l'ensemble des communautés scientifiques concernées.

En tant qu'instituts de recherche finalisée, la contribution de l'Inra et d'Irstea à un avenir meilleur se traduit par la production de connaissances et de solutions nouvelles. En valorisant les **publications phares** de l'année écoulée, nous rendons ici hommage au travail de celles et de ceux qui s'engagent au quotidien pour relever des défis majeurs : l'adaptation de l'agriculture au changement global, la multi-performance au service de la transition écologique, la biodiversité, la gestion des ressources, l'alimentation durable, la bioéconomie, ou les politiques publiques.

Encore plus aujourd'hui qu'auparavant, la recherche est forte lorsqu'elle est unie et qu'elle sait s'investir aux **échelles européenne et mondiale**. L'année 2019 nous a permis d'accélérer le développement de nos accords internationaux tout en mutualisant les acquis de nos deux structures. L'Inra

Cette fusion, exceptionnelle par son ampleur dans le paysage français de l'enseignement supérieur et de la recherche, n'aurait pas été possible sans la mobilisation de l'ensemble de nos personnels et l'appui de nos tutelles

a par exemple pris part au réseau *Patnership for European Environmental Research* (PEER) dont Irstea est membre de longue date ; ce réseau a lancé un recensement des bonnes pratiques d'appui aux politiques publiques pour une meilleure prise en compte des Objectifs de développement durable. Les deux organismes ont confirmé leurs bonnes positions dans H2020 : l'Inra comme premier acteur français pour le défi « sécurité alimentaire » et Irstea avec un taux de succès élevé de 23% dans le défi « action climatique, environnement, efficacité des ressources et matières premières ». À l'échelle mondiale, sept nouveaux Laboratoires internationaux associés (LIA) ont vu le jour avec la Chine, l'Inde, le Japon et Singapour. L'Inra s'est exprimé en Côte d'Ivoire sur la santé nutritionnelle, avec le ministre français de l'agriculture, et a lancé une réflexion avec le Cirad pour une collaboration accrue sur cette thématique en Afrique.

Dans le contexte récent de l'épidémie de COVID-19, il me semble enfin important de rappeler que le temps de la recherche n'est pas incompatible avec celui de l'action et que savoir combiner des recherches de long terme et être réactifs sur des recherches de court terme fait partie de notre force. Face aux risques émergents qui pèsent sur notre avenir, notre système de recherche est précieux, tout comme sa capacité à développer une approche globale. Cette exigence n'est pas nouvelle puisque nos travaux menés autour du concept *One Health* montrent depuis plusieurs années que la santé des humains est liée à la santé animale et végétale et à celle de son environnement. L'Inra et Irstea, grâce à leurs capacités de recherche et d'expertise en épidémio-surveillance sur les zoonoses ou sur le lien entre activités agricoles et santé des populations, étaient déjà des acteurs reconnus du développement durable et de la prévention des épidémies. Dans le contexte mondial de transitions alimentaire, climatique et environnementale, alors que les émergences de risques sanitaires deviennent une préoccupation majeure, la **nouvelle communauté INRAE** est un atout supplémentaire. En réunissant des techniciens, des ingénieurs et des chercheurs spécialistes de l'agroécologie, de la biodiversité, du climat, de l'alimentation, de la santé et des systèmes aquatiques, elle constitue un catalyseur de compétences dont nous avons besoin pour protéger la planète dans son ensemble. Le projet stratégique INRAE 2030, fruit d'une consultation ouverte dès 2019 à tous nos agents, sera finalisé dans les prochains mois en intégrant les résultats de la consultation des acteurs sociaux et économiques. Il renforcera encore notre capacité d'action et constituera un engagement fort, à la hauteur de la responsabilité qui est plus que jamais la nôtre.

Je souhaite que vous perceviez, à la lecture de ce rapport d'activité, la passion qui a toujours animé les femmes et les hommes de l'Inra et d'Irstea, aujourd'hui réunis dans un même établissement. Si la soif de connaissance et l'attachement à l'intérêt général resteront à n'en point douter leurs moteurs, je suis persuadé que leur complémentarité ouvrira de nouveaux horizons de recherche déterminants pour l'avenir.

Philippe MAUGUIN

Président-directeur général d'INRAE

Panorama 2019

FÉVRIER

22 février – 1er mars

Le stand Inra, « Coup de cœur » du Salon de l'agriculture

Avec son stand sur « La vie secrète des plantes et des animaux », l'Inra est au cœur des débats du salon de l'agriculture en présentant au grand public et aux professionnels ses travaux sur les comportements et les interactions entre les plantes, les animaux et les microbes. Le prix « Coup de cœur » du salon récompense la qualité esthétique et pédagogique du stand et des animations portées par plus de 350 techniciens, ingénieurs et chercheurs.

24-28 février

Irstea, épicentre de l'agriculture de précision au SIMA

Parallèlement Irstea devient l'épicentre de la recherche et des échanges sur l'agriculture de précision au Salon International des solutions et technologies pour une agriculture performante et durable (SIMA) avec un focus sur les recherches sur la réduction des pesticides, l'irrigation et la qualité de l'eau.

MARS

17 mars

L'Inra et le CNRS s'associent pour des outils de programmation communs

Une centaine de chercheurs des deux instituts sont réunis afin d'évoquer leurs objets de recherche communs et construire des programmes sur des questions partagées. Premier sujet identifié, le carbone renouvelable / le cycle du carbone.

26 mars

Deux nouveaux LIAs pour l'Inra

La collaboration avec l'Académie chinoise des sciences agricoles (CAAS) se renforce. Deux accords de Laboratoires internationaux associés (LIAs) sont conclus sur la protection des plantes par le biocontrôle des maladies, et sur la génomique et l'amélioration du blé.

AVRIL

1er avril

Vers INRAE

Étape fondatrice de la fusion, l'ensemble de l'encadrement de l'Inra et d'Irstea est réuni pour la première fois le 1er avril lors d'un séminaire pour partager l'ambition du futur établissement.

3 avril

Création du pôle R&D ECLA (écosystèmes lacustres)

L'Inra et Irstea signent avec l'AFB, l'ONCFS (désormais réunis dans l'Office National pour la Biodiversité), l'Université Savoie-Mont-Blanc, la création de l'ECLA. Pôle de Recherche et Développement dédié aux écosystèmes lacustres, 70 agents opérationnels et chercheurs travaillent pour accélérer le passage des découvertes scientifiques à leurs applications.

MAI

20-25 mai

Les experts de l'agroforesterie se positionnent pour « reverdir notre planète »

Réunis pour le 4e congrès mondial d'agroforesterie organisé à Montpellier par l'Inra et le Cirad en partenariat avec World Agroforestry, Agropolis International et Montpellier Université d'excellence, les scientifiques ont invité dans une déclaration commune, « Make our planet treed again ! », à un changement profond du système alimentaire mondial pour en limiter les impacts négatifs sur notre planète. L'agroforesterie, ont-ils convenu, a un rôle essentiel à jouer dans cet effort.

JUIN

5 juin

L'Inra pilote le PPR « Cultiver et protéger autrement »

Une journée d'information est organisée pour l'appel à projets du Programme pluriannuel de recherche « Cultiver et protéger autrement ». Doté de 30 M€, ce programme piloté par l'Inra soutient la recherche en faveur de la réduction de

l'usage des pesticides. L'objectif est de repousser les fronts de science au service d'innovations de rupture par la prophylaxie, l'agroécologie et le développement de nouveaux systèmes de production.

27 juin

Le microbiote, nouvelle star TV

Projection du film « Microbiote, les fabuleux pouvoirs du ventre » dans le cadre du partenariat avec la Cité des Sciences pour son exposition consacrée au microbiote et à l'occasion de la 2e journée mondiale du microbiome. Coproduit par l'Inra, le documentaire s'appuie sur les recherches de l'unité MetaGenoPolis de Jouy-en-Josas. Sa diffusion sur Arte en décembre atteindra une audience de 4,1%, doublant le score moyen de la chaîne sur ce type de contenu.

JUILLET

8-11 juillet

Irstea, fer de lance de la recherche sur l'agriculture de précision

Irstea et Montpellier SupAgro ont organisé la 12e conférence européenne sur l'agriculture de précision. Ce congrès a réuni plus de 350 scientifiques de 37 pays pour partager les dernières découvertes et expérimentations afin de mieux raisonner et maîtriser l'apport des intrants en agriculture.

SEPTEMBRE

17 septembre

L'Inra et Irstea pionniers sur les Territoires d'Innovation

Le premier ministre annonce 24 projets lauréat du programme « Territoires d'Innovation ». INRAE est le seul organisme porteur ou associé à 7 projets de ce programme d'innovation collaborative doté de 450 M€.

TERRITOIRES D'INNOVATION
LE GRAND PLAN D'INVESTISSEMENT

23 septembre

LPPR, des propositions pour l'attractivité de la recherche française

Remise au Premier ministre du rapport sur l'attractivité des emplois et des carrières scientifiques du groupe de travail copiloté par Philippe Mauguin en préparation de la loi de programmation pluriannuelle de la recherche (LPPR).

24 septembre

Irstea récompensé pour ses travaux pour une pulvérisation de précision

Irstea reçoit trois médailles aux SITEVI Innovation Awards dont deux dans le domaine de la pulvérisation. La première distingue l'invention de BLISS, un pulvérisateur économe en traitement grâce à la maîtrise de la dérive du produit dans l'air. La deuxième reconnaît l'intérêt du label Pulvé mis en place avec l'Institut Français de la Vigne, qui vise à favoriser le renouvellement du parc national et limiter les pertes de produit lors des traitements.

SITEVI INNOVATION AWARDS 2019

OCTOBRE

1er octobre

Le campus Agro Paris-Saclay sort de terre

Premiers pas officiels du campus « Agro Paris-Saclay », associant l'Inra et AgroParisTech, avec la visite de Frédérique Vidal, ministre de la recherche et de Didier Guillaume, ministre de l'Agriculture. Avec 12% des chercheurs et enseignants – chercheurs de l'Université Paris-Saclay dans des disciplines variées, le campus devient une référence de la formation, la recherche, l'innovation et le transfert pour l'alimentation, l'agronomie et l'environnement.

NOVEMBRE

7 novembre

Irstea et l'Inra mobilisent la recherche européenne sur l'appui aux politiques publiques

En avant-première de la fusion, Irstea invite les directeurs des instituts membres du partenariat Partnership for European Environmental Research (PEER) à rencontrer l'Inra le 7 novembre 2019 à Antony. Ils confirment ensemble l'intérêt d'un *benchmark* sur l'appui aux politiques publiques environnementales afin de renforcer leurs actions auprès des institutions européennes. Le projet commun Tackling and managing risks with SDGs (TRISD), co-construit depuis 2018, contribue à une meilleure compréhension des risques dans le cadre des Objectifs du Développement Durable de l'Agenda 2030 dans les politiques publiques européennes.

25-26 novembre

L'Inra renforce son engagement sur la nutrition en Afrique

Organisé par la Fondation Avril à Abidjan, le colloque réunit scientifiques et acteurs de l'agriculture et de l'agro-alimentaire de l'Afrique de l'Ouest. Introduit par Philippe Mauguin, et avec une intervention de Daniel Tomé (AgroParisTech), sur les déficiences nutritionnelles, ce colloque est également l'occasion de lancer la réflexion avec le Cirad pour une collaboration accrue sur ces thématiques.

DÉCEMBRE

5 décembre

Les 70 ans du centre Inra Antilles-Guyane

Á l'issue d'une série d'événements mettant en valeur l'apport des travaux scientifiques pour la société guadeloupéenne, notamment pour la souveraineté alimentaire régionale, une journée vient conclure l'année du 70e anniversaire du centre Inra Antilles-Guyane au Jardin d'Eau à Goyave, avec l'ensemble des partenaires académiques et socio-économiques.

10 décembre

L'Inra à l'honneur aux 7e Étoiles de l'Europe

Prix de l'excellence française dans la recherche européenne, les Étoiles de l'Europe ont été remises par la ministre en charge de la Recherche, Frédérique Vidal, et Philippe Mauguin, président du jury de l'édition 2019. Parmi les lauréats, Véronique Chable, coordinatrice du projet européen DIVERSIFOOD pour enrichir la diversité des plantes cultivées dans nos assiettes.

.00

Préfiguration INRAE /

Une fusion portée par la science

À l'origine du rapprochement entre l'Inra et Irstea, les directions scientifiques des deux établissements, missionnées par leurs PDG en 2017, ont souligné le potentiel de collaboration des deux communautés, l'intérêt d'une programmation commune et du partage d'infrastructures. Elles concluaient à la convergence de positionnement des deux organismes sur une recherche finalisée et la prise en charge des questions scientifiques liées aux enjeux mondiaux de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, dans le contexte de changement global.

Cette vision commune a été complétée par l'étude de faisabilité d'un établissement unifié et au service d'une ambition scientifique renouvelée que les deux ministres de tutelle, Recherche et Agriculture, ont validé en octobre 2018.

Recomposition des départements scientifiques au service de l'excellence disciplinaire ; approche systémique des enjeux ; augmentation de la masse critique sur certaines thématiques ; nouveau croisement des disciplines comme, par exemple, l'agroécologie, les agroéquipements et les sciences du numérique ; mise en commun des sources de données et des infrastructures de recherche... INRAE vise le plus haut niveau des standards de qualité pour sa production de connaissances en agriculture, alimentation et environnement, et veut être moteur dans le développement de solutions concrètes et durables à l'échelle internationale.

Une ambition qui se traduit, au-delà des départements scientifiques, par la création, fait unique dans le paysage de la recherche française, d'une nouvelle Direction Générale Déléguée à l'Expertise et l'Appui aux Politiques Publiques (DGDEAPP) ou encore d'une nouvelle Direction pour la Science Ouverte (DipSO).

.00 Préfiguration INRAE /

2019, année de la préfiguration

Le projet de fusion, validé en 2018, proposait un temps de préfiguration avec des engagements sociaux forts, un dialogue social continu et un dispositif complet d'accompagnement au changement. C'est seulement à l'issue de cette préfiguration qu'INRAE, doté de nouvelles structures, de nouveaux organigrammes et de nouveaux statuts, verra le jour le 1er janvier 2020.
Sa mise en œuvre est adossée à un collectif de 12 000 agents, des compétences enrichies et 1 Md de budget. Le processus de fusion a intégré des mesures sociales fortes comme le maintien de tous les sites et des mobilités choisies. Le dialogue social s'est structuré autour des instances de chaque établissement (Comité d'établissement et Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail), mais également d'instances tenues conjointement anticipant le futur établissement. Enfin, six groupes de travail associant les représentants du personnel ont contribué à l'élaboration des décrets, organique et statutaire, et des mesures en matière de ressources humaines (emplois, carrières et rémunération, gestion du temps, politique sociale, handicap et prévention).
Le processus de fusion a été piloté par le comité stratégique, co-présidé par les PDG de l'Inra et d'Irstea. Il a élaboré un plan d'accompagnement au changement réunissant les ressources humaines (définition des nouveaux organigrammes de chaque structure puis choix de chaque agent en pré-affectation) ; la prévention (création d'un Comité de prévention des risques, suivi d'un baromètre « Qualité de vie au travail » complété par une expertise agréée) et la communication (messages électroniques, intranet, vidéos…).
Tout ce dispositif de préfiguration a permis d'élaborer des plans d'actions par direction dès l'automne 2019 à partir d'une cartographie fine des impacts. Le suivi de la fusion est désormais assuré par un comité dédié qui a pris le relai dès le début de la création d'INRAE.
Le soutien des tutelles s'est concrétisé par une subvention spécifique pour couvrir les frais engendrés par la fusion (recours à un cabinet de conseil, rapprochement des régimes indemnitaires et mise en cohérence des systèmes d'information).
De plus, les économies d'échelle liées à la fusion ont pu être redéployées vers les unités de recherche pour participer à la convergence des niveaux de dotation entre les unités de l'Inra et d'Irstea.

Marc Michel et Philippe Mauguin lors des échanges avec les équipes de l'Inra et d'Irstea
© INRAE

inrae.fr

Faisabilité
14 mois
- 26 nov. 2016 — Lancement de la réflexion
- 30 nov. 2017 — Rapport scientifique

Conception
9 mois
- 6 fév. 2018 — Lettre de mission des ministres
- 17 oct. 2018 — Rapport intermédiaire

Préfiguration
14 mois
- 22-24 mai 2019 — CA Inra et Irstea
- 11 juin 2019 — CNESER - MESR
- Fin 2019 — Parution des décrets

Nouvel EPST
1er janv. 2020
- Création **INRAE**

.00 Préfiguration INRAE /

Vers un plan stratégique INRAE 2030

Au cœur de son projet de fusion, INRAE a engagé, dès 2019, la construction de son plan stratégique à l'horizon 2030. En septembre, quatre conventions ont réuni les directeurs d'unité du futur institut, puis l'ensemble des collaborateurs a été invité à s'exprimer sur une plateforme dédiée et à participer à des ateliers en présentiel. Le projet obtenu sera enrichi en 2020 par une consultation des partenaires nationaux et internationaux pour aboutir à la fin de l'année.

Ateliers INRAE2030
2019/2020
@Auteurs - INRAE

.01

Faits marquants scientifiques >

L'adaptation au changement global /

Dans un contexte de risques et d'incertitudes liés aux changements planétaires, qu'ils soient environnementaux, économiques ou sociaux, les recherches sur les écosystèmes producteurs de biens alimentaires ou non alimentaires sont particulièrement attendues pour gérer les ressources de façon durable et assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Le changement global appelle une recherche qui s'attache à mieux comprendre, voire anticiper, les évolutions des écosystèmes, mais également à imaginer et tester des systèmes productifs pour l'avenir.

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

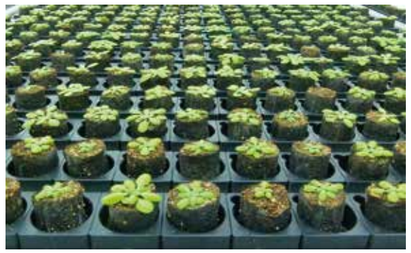
La complexité génétique des plantes leur offre des possibilités d'adaptation

Pour survivre et coloniser des milieux très divers, les plantes doivent s'adapter aux fluctuations de leur environnement. Les végétaux ont évolué en apportant des réponses très diversifiées aux variations de conditions de milieu en étant très plastiques, en particulier en ce qui concerne leur aspect (plasticité phénotypique), y compris au sein d'une même espèce. Grâce au Phenoscope, un robot de culture permettant de faire du phénotypage haut débit en conditions strictement contrôlées et reproductibles, les chercheurs peuvent décrypter les bases génétiques de cette diversité végétale (https://phenoscope.versailles.inra.fr/). Ce dispositif expérimental a permis de révéler la grande complexité génétique qui permet des variations de croissance aérienne de la plante en réponse à la limitation de la disponibilité en eau. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives dans la découverte des variations génétiques qui contrôlent la réponse aux stress pour des caractères d'intérêt adaptatif et agronomique.

PLOS Genetics
DOI: 10.1371/journal.pgen.1007954

Prédire pour mieux sélectionner les mélanges variétaux : une méthode générique pour gérer la complexité des assemblages

Dans le contexte du changement climatique et de la réduction des intrants, les agriculteurs, notamment en agriculture biologique, sont de plus en plus nombreux à se tourner vers la culture de mélanges de variétés. Cependant, peu d'informations sont disponibles pour les guider dans le choix des variétés à associer. Une collaboration entre des généticiens et statisticiens a permis de développer de nouvelles méthodes pour estimer l'aptitude au mélange. Appliquées à un panel de 25 variétés de blé tendre évaluées dans un sous-ensemble de mélanges, ces méthodes ont permis d'améliorer la prédiction des rendements.



Près de 1 500 plantes d'*Arabidopsis thaliana* en culture sur 2 des 4 robots Phenoscope de l'Observatoire du végétal.
©O. Loudet - INRAE

Field Crops Research
DOI: 10.1016/j.fcr.2019.107571

Un modèle pour mieux choisir ses variétés en fonction du climat

Comment savoir si une variété végétale est bien adaptée à un environnement donné ? Comment prévoir le rendement qu'elle offrira sous tel ou tel climat ? Le rendement dépend d'interactions complexes entre le génotype de la variété et les conditions environnementales. Des chercheurs de l'Inra et du Wageningen University and Research (WUR) Pays-Bas ont développé un modèle qui permet de prédire le rendement de chaque variété de maïs en fonction de ses gènes et des conditions de culture. Pour cela, ils se sont appuyés sur l'observation des rendements de 246 variétés semées dans 25 sites en Europe et au Chili. Ce modèle constitue un outil précieux permettant aux agriculteurs de mieux choisir leurs variétés en fonction de l'endroit où elles sont utilisées. Il permettra de valoriser la diversité génétique du maïs et servira aux efforts d'adaptation de l'agriculture au changement climatique.

Nature Genetics
DOI: 10.1038/s41588-019-0414-y

Cerisiers en fleurs sur le site de l'Unité Expérimentale Arboricole de Toulenne (centre de Bordeaux-Aquitaine).
©A.Girard - INRAE

Identification des zones à risque climatique pour le déroulement de la dormance chez le cerisier

Dans le contexte actuel d'élévation des températures, le bon déroulement de la phénologie des plantes est menacé, notamment la floraison et la maturation des fruits, mettant ainsi en danger la productivité des arbres fruitiers.

Dans ce contexte, il est essentiel d'anticiper les changements à venir en accompagnant les producteurs et les sélectionneurs pour adapter les variétés cultivées ou les pratiques aux futures conditions climatiques. En évaluant les besoins en froid de variétés de cerisiers, les chercheurs ont pu identifier une augmentation importante de l'étendue des zones à risque de manque de froid pour 2075-2100. En particulier, dans les zones méditerranéennes et la côte atlantique française, la surface de ces zones augmente de façon importante, notamment pour les variétés à floraison tardive. Certaines zones à climat froid pourraient ainsi devenir de nouvelles aires pour la production de cerises.

International Journal of Biometeorology
DOI : 10.1007/s00484-018-1649-5

ENTRETIEN AVEC

Evelyne COSTE

Unité de recherche Amélioration Génétique et Adaptation des Plantes méditerranéennes et tropicales (AGAP), Centre Occitanie-Montpellier

Quel rôle joue l'architecture des arbres dans l'adaptation au changement climatique ?

L'architecture des arbres conditionne la distribution dans l'espace de la surface foliaire, de la floraison/fructification et du microclimat au sein des couronnes, avec des zones éclairées et ombrées. Ce microclimat détermine les échanges gazeux entre feuilles et atmosphère qui comprennent l'assimilation du carbone et la perte d'eau par transpiration. Dans le contexte du changement climatique, l'optimisation de l'efficience des architectures d'arbres et de leur utilisation des ressources est cruciale, avec pour leviers majeurs la variabilité génétique et la conduite des parcelles et des arbres. Les étapes du cycle annuel des arbres, de la date de débourrement jusqu'à l'arrêt de croissance, la sénescence foliaire et la dormance sont d'autres réponses adaptatives des arbres aux conditions climatiques, en lien avec leur architecture.

Comment mesurer les performances des plantes pérennes en plein champ lorsque ces mesures doivent porter sur de nombreux individus ?

Pour évaluer l'architecture et les performances d'un grand nombre d'arbres au champ, des méthodes numériques ont été mises en œuvre. Ces méthodes mobilisent des laser-scanners terrestres, des images multi-spectrales et thermiques collectées par drones pour reconstruire les arbres en 3D, extraire des indicateurs de densité foliaire et de teneur en chlorophylle et estimer les températures de surface des feuilles, ce qui permet d'approcher leur transpiration ou d'estimer la charge en fruits. De nouveaux indicateurs des phases du cycle annuel des arbres et des dépendances entre cycles successifs sont aussi recherchés. Pour améliorer les performances des algorithmes, des méthodes d'apprentissage profond, ce que l'on nomme en anglais : *deep* et *machine learning*, sont en cours de test.

> Dans le contexte du changement climatique, l'optimisation de l'efficience des architectures d'arbres et de leur utilisation des ressources est cruciale

Quels sont les premiers résultats obtenus par cette approche de phénotypage haut débit ?

Nous avons caractérisé une collection de variétés françaises de pommiers par ces méthodes de façon à obtenir un phénotypage « multicritères », portant sur l'architecture des arbres et sur les réponses foliaires aux conditions environnementales. Les estimations de volumes, formes et surfaces foliaires des arbres, ainsi que les indicateurs de fonctionnement du couvert ont été confrontés à des mesures directes sur des arbres témoins pour valider la démarche. Cette évaluation « multicritères » doit permettre d'identifier les variétés et les caractères d'intérêt ainsi que les gènes qui les contrôlent pour guider l'amélioration génétique. Ces recherches se poursuivent dans le cadre d'une thèse cofinancée par l'Inra et l'Institut de Convergences Agriculture Numérique (#DigitAg).
https://url.inrae.fr/2XL4ZJV

BRÈVES

> DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

Siclex : un simulateur de climats extrêmes pour étudier l'adaptation des prairies au changement climatique

Dans le monde, les prairies représentent la majorité de la surface agricole utile. Bénéfiques pour l'environnement et sources d'autonomie pour les éleveurs, elles pourraient fortement aider l'agriculture à relever le défi de l'adaptation au changement climatique. Mais comment les prairies réagiront-elles face au manque d'eau, combiné à des températures et des teneurs en dioxyde de carbone (CO_2) plus élevées ? À Lusignan, un simulateur de climats extrêmes (Siclex) permet de mener des expérimentations en vraie grandeur sur l'adaptation des prairies au changement climatique en permettant de contrôler les précipitations (intensité et période) sans que les conditions de rayonnement lumineux soient perturbées. Cet équipement a été financé grâce à un partenariat entre l'Europe, l'Inra, la Région Nouvelle-Aquitaine et la Fondation Xavier Bernard.

Dispositif expérimental Siclex : simulateur de climats extrêmes pour étudier l'adaptation des prairies au changement climatique.
Unité URP3F (Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères), Lusignan.
©S.Laval - INRAE

Phenotis : un dispositif expérimental pour une viticulture durable

Grâce au soutien de la Région Grand Est au titre du Contrat de Plan État-Région (CPER) 2015-2020, l'Inra dispose d'un nouveau dispositif expérimental unique et original spécifiquement conçu pour venir en appui aux programmes de recherche du centre Inra Grand Est-Colmar dédiés aux maladies de la vigne. Ces recherches visent à acquérir des connaissances et créer des ressources et des outils pour développer des innovations au service d'une viticulture à bas intrants, produisant des vins de qualité et adaptée au climat du futur.

> PARTENARIAT

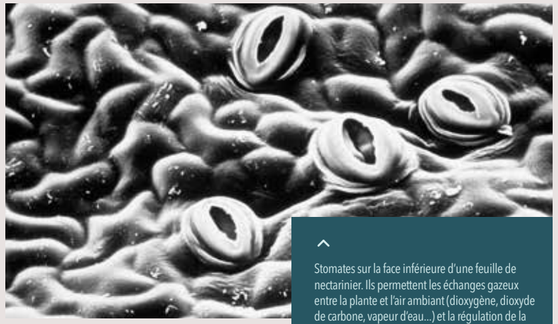
Les technologies spatiales au service de l'agriculture et de l'environnement

La convention-cadre, signée en juillet 2019 avec le Centre national d'études spatiales (CNES), envisage de futures coopérations dans les domaines de l'agriculture, avec notamment les prévisions de récoltes, les effets du changement climatique sur les agrosystèmes et l'agriculture de précision, mais aussi sur la thématique de l'environnement avec par exemple la gestion durable des sols et l'évaluation des services écosystémiques qu'ils supportent, les écosystèmes forestiers, la biodiversité et l'eau. Cela se traduira notamment par la conduite de travaux de recherche communs, l'échange et l'analyse d'informations et de données.

FOCUS

Adaptation de la forêt

Les augmentations de la température, de l'intensité et de la durée des sécheresses constituent un problème majeur pour la préservation des forêts. Par ailleurs, la demande de produits issus du bois est en augmentation, favorisée notamment par l'évolution des politiques publiques environnementales. En conséquence, les travaux de recherche sur les mécanismes d'adaptation mis en œuvre par les arbres dans les situations de sécheresse sont nombreux. Prédire la vulnérabilité des forêts à long terme est également nécessaire pour la définition de stratégies de gestion *ad hoc*. Une série de publications examine ces différents volets.

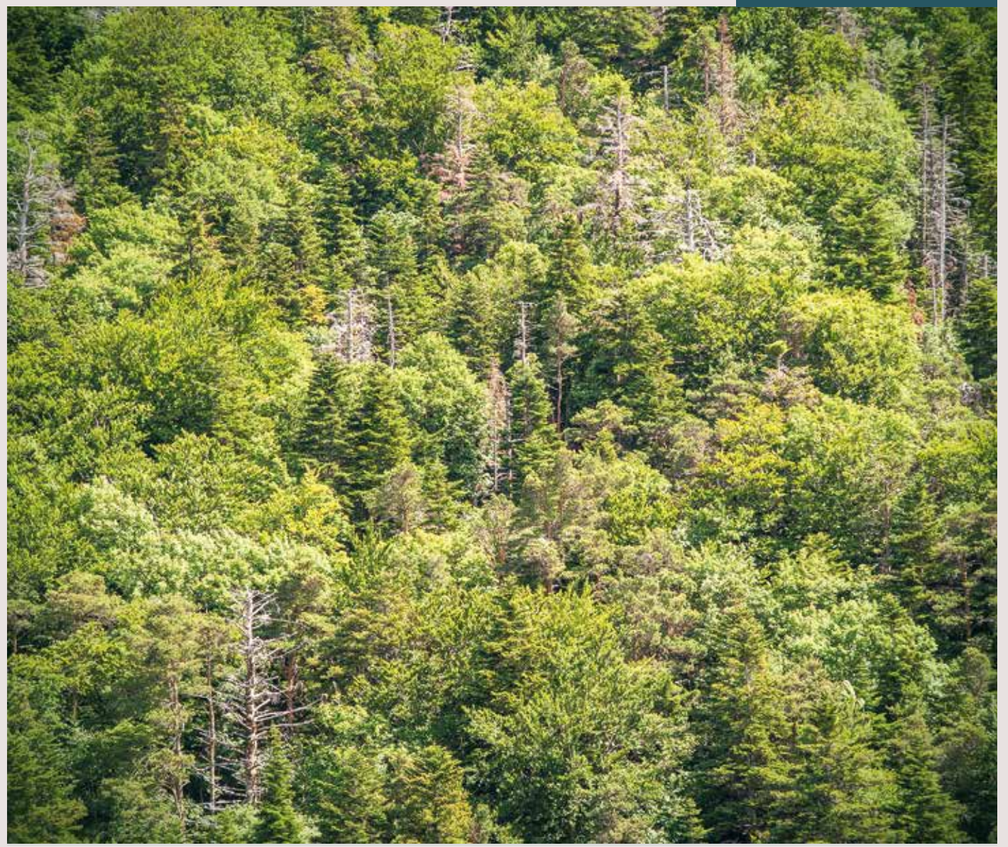


Stomates sur la face inférieure d'une feuille de nectarinier. Ils permettent les échanges gazeux entre la plante et l'air ambiant (dioxygène, dioxyde de carbone, vapeur d'eau...) et la régulation de la pression osmotique.
G=680. échelle : 0,1mm.
© C. Bodet - INRAE

Les stomates fonctionnent plus ou moins vite en réponse à la sécheresse

Trois thèses récemment soutenues par des doctorants de l'unité mixte de recherche Silva (Inra, Université de Lorraine, AgroParisTech) ont permis de mieux comprendre comment les stomates, petits pores à la surface des feuilles, régulent l'absorption de dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique et les pertes en eau par transpiration, en réponse à des épisodes fréquents de sécheresse chez les peupliers. Les travaux ont porté sur les liens entre d'une part, les vitesses d'ouverture et de fermeture des stomates et d'autre part, le déficit de pression de vapeur d'eau de l'atmosphère, la lumière, la morphologie des stomates et l'efficience d'utilisation de l'eau. Les résultats démontrent l'intérêt de prendre en compte ces traits physiologiques et anatomiques dans la tolérance à la sécheresse des différentes espèces mais aussi dans la modélisation de la transpiration ou de la photosynthèse à des échelles plus grandes comme celle des écosystèmes forestiers.

New Phytologist
DOI: 10.1111/nph.15710
Plant, Cell & Environment
DOI: 10.1111/pce.13644
Environmental Pollution
DOI: 10.1016/j.envpol.2019.06.110



Sur les pentes du Mont Ventoux, on peut observer aisément les différents stades de dépérissement des arbres (changement de coloration, défoliation, dessèchement, mort) provoqué par le changement climatique.
© B. Nicolas - INRAE

Importance des réserves en eau du sous-sol pour la résilience des forêts aux sécheresses

Deux approches expérimentales complémentaires ont permis de démontrer l'importance des réserves en eau du sous-sol pour les arbres face aux sécheresses en zone karstique. La première met en évidence, à l'aide de mesures isotopiques, que des espèces typiquement méditerranéennes, comme le chêne vert ou de montagne comme le hêtre et le sapin, puisent une importante quantité d'eau dans le sous-sol quand la sécheresse est prononcée. La seconde approche repose sur des mesures de résistivité électrique qui permettent d'estimer l'eau disponible dans le sol et le sous-sol. Les deux approches ont permis de montrer que l'état hydrique des essences étudiées dépend à la fois de la disponibilité en eau du sol et du sous-sol et de la surface foliaire des arbres.

Science of the Total Environment
DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134247 10.1016/j.scitotenv.2019.134332

Des modèles de distribution des espèces forestières pour mieux prédire leur vulnérabilité au changement climatique

Les modèles de distribution des espèces (Species Distribution Models – SDM) sont des outils largement utilisés pour générer des hypothèses relatives à l'impact du changement climatique sur la distribution naturelle des essences. Cependant, ces modèles reposent sur des hypothèses assez simplistes et négligent par exemple les processus biologiques critiques impliqués dans les réactions des espèces à un environnement en évolution rapide. Par ailleurs, très peu de modèles prennent en compte à ce jour une autre dimension-clé dans la réponse des populations aux changements environnementaux rapides : la plasticité phénotypique des traits fonctionnels et ses conséquences sur la fitness (valeur sélective, c'est-à-dire la capacité d'un individu d'un certain génotype à se reproduire) des arbres. Plusieurs travaux récents des chercheurs Inra décrivent le développement et l'usage d'une nouvelle génération de modèles (ΔTraitSDM) pour la simulation des aires de répartition des essences forestières en tenant compte de la plasticité phénotypique. Dans l'ensemble, les prévisions de ces modèles sous climat futur délivrent un message moins alarmiste que les modèles classiques (SDM), indiquant que la plasticité phénotypique devrait aider, dans une large mesure, certaines populations ou espèces à faire face aux changements climatiques.

New Phytologist
DOI: 10.1111/nph.15716
Global Ecology and Biogeography
DOI: 10.1101/527390
Global Change Biology
DOI: 10.1111/gcb.14881

Atténuation des impacts de l'agriculture sur le bilan des gaz à effet de serre

Troupeau de vaches Montbéliardes en pâture sur une prairie.
© C. Slagmulder - INRAE

Quantification des émissions de méthane par l'élevage

La réduction de l'impact des ruminants sur le réchauffement climatique passe, entre autres, par une réduction des émissions de méthane entérique. Une quantification précise de ces émissions est nécessaire à différentes échelles, allant de l'animal au troupeau et du territoire national au continent, en même temps que des recherches sont menées sur certains aspects de la physiologie des ruminants en lien avec la variabilité de ces émissions entre animaux.
Une exploration par méta-analyse des bases de données expérimentales, issues de différents projets internationaux sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) des systèmes d'élevage de ruminants, a conduit à une nouvelle proposition de la modélisation de ces émissions. Celle-ci contribue à améliorer les inventaires de GES tant au niveau international, qu'au niveau national, avec le développement d'une nouvelle méthode d'inventaire. De plus, ces travaux ont montré qu'il est nécessaire de développer des équations particulières pour une même espèce animale, non seulement par pays, mais aussi selon les systèmes d'élevage.

Journal of Environmental Management
DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.10.086
Global Change Biology
DOI: 10.1111/gcb.14094
Animal Feed Science and Technology
DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114207

Microbiote ruminal et méthane entérique de vaches Holstein

Des différences individuelles d'émissions de méthane entérique ont été mises en évidence entre bovins. La part de ces différences, liée à la composition en microorganismes du rumen (microbiote ruminal), est encore inconnue. L'analyse de la structure des populations de bactéries du rumen chez des vaches Holstein a mis en évidence trois groupes ou « ruminotypes ». Un ensemble de biomarqueurs microbiens, simultanément liés à la structure de ces populations bactériennes et à l'émission de méthane entérique, a été identifié. Ces biomarqueurs ruminaux pourraient être utilisés dans le cadre de programme de sélection, à condition qu'ils soient héritables.

Journal of Animal Breeding Genetics
DOI: 10.1111/jbg.12427

Le suivi de l'évolution des stocks de carbone dans les sols

L'initiative « 4 pour 1000 » invite tous les gestionnaires et les acteurs agricoles à mettre en place des actions concrètes pour favoriser le stockage de carbone dans les sols et définir des pratiques durables minimisant les impacts sur les sols et, *in fine*, de l'environnement. Afin de contrôler la pertinence des leviers proposés, il est essentiel de disposer d'une méthode de surveillance des stocks de carbone à l'échelle d'un paysage agricole. Cette échelle est reconnue par sa pertinence car elle permet la prise en compte conjointe des caractéristiques du milieu et des aménagements du territoire. Une étude, réalisée sur 64 parcelles d'un paysage agricole breton, a utilisé une approche innovante qui associe des mesures directes et de la modélisation spatiale pour caractériser la distribution spatiale de la variation du stock de carbone des sols.

Geoderma
DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.03.005

Dispositif expérimental « mini-Face » d'enrichissement en CO_2
Clermont-Ferrand - Theix-Lyon
© S.Toillon - INRAE

Stratégies et coûts de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans la production laitière française

Pour éclairer la décision publique, la modélisation économique permet de simuler les coûts de différentes stratégies d'intervention pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) de la production laitière. La mise en œuvre de la taxe carbone au niveau actuellement pratiqué dans l'Union européenne (UE) conduirait à une réduction des émissions faible, entre 1% et 6%, et sa multiplication par cinq à une réduction comprise entre 4% et 15%. La mise en place de cette taxe à un tel niveau conduirait aussi à une diminution de la production. La rationalisation des politiques en matière de changement climatique, avec des mesures de Politique agricole commune, telles que les paiements directs verts, les mesures agroenvironnementales sur le climat ou la directive sur les nitrates, semble plus efficace, en favorisant des pratiques agricoles conduisant à des animaux productifs nourris avec des fourrages nécessitant de faibles niveaux d'intrants et en réaffectant la production laitière dans des zones moins favorables aux grandes cultures.

Journal of Cleaner Production
DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.07.064

.02

Faits marquants scientifiques ›

Des agricultures diverses et multi-performantes /

Toutes les agricultures partagent les mêmes défis : la sécurité alimentaire d'abord, mais aussi de nouvelles fonctions comme fournir des services environnementaux, contribuer à l'adaptation face au changement climatique ou bien encore structurer les territoires ruraux et les liens avec les zones urbaines.

L'agroécologie promeut les systèmes de production valorisant la diversité biologique et les processus naturels. La transition agroécologique exige d'investir dans les sciences biologiques et écologiques ainsi que dans les sciences économiques et sociales. La recherche doit également explorer des interactions agronomiques complexes pour répondre au défi de la performance multiple des agricultures, au plus près des contraintes et des savoirs des agriculteurs pour renforcer la pertinence et l'impact des connaissances produites.

Accompagner la transition agroécologique

La diversification pour accompagner la transition agroécologique

Dans un contexte d'écologisation de l'agriculture, émerge un nombre croissant de systèmes agricoles hautement diversifiés. L'analyse des conséquences multiples de cette diversification est nécessaire. Des chercheurs proposent un cadre d'analyse pour mesurer les effets de la diversification (sans interactions biologiques) et de l'association de cultures (avec interactions biologiques) sur le rendement d'un système mixte et sur le risque associé, estimé par la variabilité du rendement. Appliqué aux cultures agricoles, à partir de données publiques de production, ce cadre permet d'identifier et de classer les couples de cultures selon leur intérêt. Il permet aussi d'identifier la variabilité minimale que la diversification ou l'association permettent d'atteindre, ainsi que le nombre limite d'espèces à mettre en association au-delà duquel la réduction des risques devient négligeable. Ce cadre pourra être appliqué à toutes formes de diversification de productions.

Le besoin de connaissances sur certaines espèces candidates proposées pour la diversification est important. Des chercheurs se sont intéressés au cas de la cameline, espèce oléagineuse qui présente l'intérêt d'être peu sensible au stress hydrique et peu attaquée par divers pathogènes, d'avoir une diversité de débouchés (alimentaires et non-alimentaires) et d'être adaptée à une diversité de modes de gestion (culture principale ou double culture, culture pure ou associée). En s'appuyant sur un cadre de conception innovante (atelier de réflexion multi-acteurs, essais conçus et évalués par des agriculteurs, réseau d'essais-systèmes multi-local et pluriannuel conçu et géré par des agronomes, atelier de conception), la cameline a été introduite dans des prototypes de systèmes de culture adaptés aux contextes de différentes exploitations agricoles.

Agriculture, Ecosystems & Environment
DOI: 10.1016/j.agee.2019.106711
Industrial Crops and Products
DOI : 10.1016/j.indcrop.2019.111605

La contractualisation, un levier pour la transition

La diversification est souvent freinée par des incertitudes sur la conduite technique de cultures mineures et sur leurs conditions de transformation. En effet, les investissements passés en recherche et développement (R&D) ont été moins développés pour ces cultures que pour les cultures majeures. Un enjeu est donc d'engager des acteurs dans le développement de connaissances sur des cultures de diversification et de manière adaptée à la diversité des territoires. Bien souvent, cet engagement collectif passe par la construction de débouchés plus rémunérateurs que le marché standard. Des travaux récents ont mis en avant le rôle majeur des contrats de production et de leur gouvernance dans la création et la diffusion de nouvelles connaissances sur des cultures de diversification.
Ces résultats donnent aux acteurs du monde agricole des clés de compréhension « organisationnelles » pour favoriser l'émergence et le développement de nouvelles filières compétitives.

Journal of Rural Studies
DOI: 10.1016/j.jrurstud.2019.10.040

Vue aérienne du bocage dans l'ouest de la France.
© INRAE [AdobeStock]

Les conditions de conversion à l'agriculture biologique des élevages bovins laitiers

Dans un contexte de forte vulnérabilité, induite par les crises laitières, de nombreux éleveurs se sont convertis à l'Agriculture biologique (AB) qu'ils percevaient comme une alternative prometteuse. Mais la conversion à l'AB induit une période de changements multiples qui sont sources d'incertitudes et qui ne permettent une valorisation du lait au prix de l'AB qu'après un an et demi à deux ans. Le choix de conversion pose donc la question de la vulnérabilité des élevages laitiers durant et à l'issue de la conversion à l'AB. Des dispositifs de suivis longitudinaux d'élevages laitiers au fil de leur conversion à l'AB ont été mis en place. Leur analyse révèle que la conversion à l'AB peut être un levier puissant de réduction de la vulnérabilité des élevages laitiers à condition de s'orienter vers un système autonome et économe, avec la prairie et le pâturage comme clés de voûte. Ces résultats permettent de réviser les références techniques utilisées par les structures de conseil partenaires qui accompagnent des éleveurs dans des conversions à l'Agriculture biologique.

Agronomy for Sustainable Development
DOI: 10.1007/s13593-019-0565-3

BRÈVE

Plan de sortie du glyphosate : un centre de ressources apporte des solutions concrètes aux agriculteurs

Le gouvernement a engagé en juin 2019 un plan d'action pour mettre fin aux principaux usages du glyphosate d'ici 2020 et d'ici 2022 pour l'ensemble des usages. Afin d'accompagner les agriculteurs, un centre de ressources a été mis en place par l'Acta, l'Apca et l'Inra. Il offre d'ores et déjà une cinquantaine de solutions techniques alternatives à l'usage du glyphosate, documentées et éprouvées. La mise en pratique des solutions proposées par le centre de ressources s'accompagne d'une animation et d'un accompagnement fort des acteurs du monde agricole.
ecophytopic.fr

ÉCOPHYTO PIC | RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

Réduire les pesticides et anti-infectieux de synthèse en agriculture

Symptômes de septoriose sur feuille de blé.
Santé des plantes et environnement - Rennes
©INRAE

L'échelle du territoire est importante pour la gestion durable et parcimonieuse des fongicides

La gestion des résistances des champignons phytopathogènes aux fongicides est un enjeu majeur en agriculture car ces résistances constituent un frein à la réduction des traitements. Afin de mieux caractériser leur évolution, qui reste encore mal comprise, l'analyse d'un jeu de données unique par son étendue spatiale mais aussi temporelle a été réalisée : 70 essais annuels des performances des fongicides utilisés pour lutter contre la septoriose du blé, menés pendant 13 ans sur l'ensemble de la France. Les modèles statistiques développés ont montré une évolution des résistances spatialement très contrastée. En particulier, les quantités de fongicides utilisées à l'échelle régionale modifient la dynamique d'évolution des résistances. Afin d'améliorer la gestion de ces résistances, les résultats obtenus incitent à développer des stratégies de gestion coordonnées à l'échelle du territoire.

Pest Management Science
DOI: 10.1002/ps.5360

Le paradoxe évolutif des nématodes à galles

La compréhension de la biologie des ravageurs est essentielle à l'élaboration des stratégies de lutte. Les nématodes à galles sont les vers les plus dommageables pour la production agricole mondiale. Les espèces causant le plus de dégâts semblent avoir abandonné la reproduction sexuée, phénomène extrêmement rare dans le monde animal et considéré comme une impasse évolutive. Cependant, l'hypothèse de l'existence d'une reproduction strictement asexuée chez ces espèces ne repose que sur des observations cytogénétiques réalisées dans les années 1980 et n'a jamais été confirmée par des données indépendantes. Une approche de génomique des populations, conduite sur différents isolats de *Meloidogyne incognita*, a confirmé, pour la première fois, l'absence de recombinaison sexuée chez cette espèce et montré que la gamme d'hôtes extrêmement large qu'elle exploite résulte d'adaptations multiples indépendantes, faisant de ces vers de véritables « scandales évolutifs ».
Ces travaux ouvrent des perspectives à la fois au niveau fondamental (mécanisme d'adaptabilité) et appliqué (remise en question de certaines méthodes de lutte).

bioRXiv
DOI: 10.1101/362129
Peer Community In Evolutionary Biology
DOI: 10.24072/pci.evolbiol.100077

ENTRETIEN AVEC
Chloé DELMAS
Unité de recherche Santé et Agroécologie du Vignoble (SAVE)
Centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux.

Quels sont les enjeux autour des maladies du bois de la vigne ?

Les maladies du bois, causées par un cortège d'agents pathogènes, sont un des facteurs principaux du dépérissement de la vigne - baisse de rendement subie et mortalité des ceps, particulièrement depuis ces vingt dernières années en l'absence de moyens de lutte curatifs.

> Il reste de nombreux aspects inexplorés de l'interaction entre la vigne, son environnement et les pathogènes du bois

Il reste de nombreux aspects inexplorés de l'interaction entre la vigne, son environnement et les pathogènes du bois conduisant à des lacunes dans la compréhension de l'expression des symptômes foliaires de ces maladies, en particulier de l'esca.
Les hypothèses avancées pour expliquer l'apparition erratique des symptômes foliaires d'esca au vignoble ont été peu testées du fait de limites techniques. La première de ces limites est que l'on ne peut pas reproduire les symptômes foliaires en conditions contrôlées. Cependant, comprendre l'étiologie de ces maladies est primordial pour pouvoir mettre en place les pratiques culturales de prévention ou de gestion adaptées.

Quelles approches expérimentales avez-vous mobilisées dans vos travaux de recherche ?

Afin de lever les verrous scientifiques pour la compréhension du processus de dépérissement, nous avons mobilisé deux aspects originaux.
D'abord la création d'un dispositif expérimental à l'aide de plantes âgées issues d'un vignoble atteint par l'esca, transplantées du vignoble en pots et pouvant donc être étudiées en conditions contrôlées et déplacées au laboratoire. Ensuite la microtomographie à rayons X, notamment au synchrotron SOLEIL, permettant l'observation directe, non invasive, de l'appareil vasculaire de ces ceps de vigne. Ce projet collaboratif et interdisciplinaire, associant la pathologie et la physiologie végétales à des techniques d'imagerie innovantes, nous a permis d'explorer pour la première fois l'hypothèse qu'un dysfonctionnement hydraulique serait associé aux symptômes foliaires de l'esca.

Quelles sont les perspectives ouvertes par vos résultats ?

Le principal défi pour la recherche est de pouvoir identifier la séquence exacte d'évènements précédant la chute de rendement - pertes des feuilles et des fruits - et la mort de la plante ainsi que les pratiques culturales et les conditions environnementales influençant le développement de ces maladies. Il s'agit pour cela de réaliser un changement de paradigme dans lequel on ne considère plus le dépérissement de la vigne comme la maladie, la maladie du bois en particulier, mais comme un problème systémique causé par un ensemble de facteurs en interactions.

(Projet qui s'inscrit dans le Plan national de dépérissement du vignoble soutenu par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)

Plant physiology
DOI: 10.1104/pp.19.00591

Introduction d'une espèce en voie d'extinction, le carabe *olympiae*.
© J.-C. Malausa - INRAE

L'appétence des carabes pour les mauvaises herbes est confirmée

Les carabes sont connus pour être d'importants agents de lutte biologique contre les limaces et les pucerons.
Des études récentes ont suggéré que ces insectes pourraient réguler les adventices par la prédation de leurs graines.
Un exercice d'échantillonnage multinational, couplé à des analyses moléculaires, a permis d'analyser le contenu gastrique d'individus de trois espèces de carabes parmi les plus communes dans les zones agricoles, échantillonnés dans des parcelles de céréales cultivées en Agriculture biologique.
Les résultats révèlent que jusqu'à 90% des individus avaient consommé des graines d'adventices. Ces graines représentaient à la fois un pourcentage considérable de leur alimentation et un pourcentage plus élevé que celui correspondant aux limaces et aux pucerons. De plus, la proportion de carabes ayant consommé des adventices est comparable entre les différents points d'échantillonnage, ce qui suggère un résultat robuste et générique. Des travaux sont engagés avec des agriculteurs pour élaborer des stratégies de gestion qui assurent l'abondance et la diversité des carabes.

Journal of Pest Science
DOI: 10.1007/s10340-019-01109-5

BRÈVES

Viticulture durable : 4 cépages récompensés

Dans la catégorie « Innovation variétale », le concours SIVAL Innovation 2019 a récompensé les variétés Inra-Resdur d'un SIVAL d'or. Les quatre cépages (Artaban, Floreal, Vidoc et Voltis) sont dotés de résistances au mildiou et à l'oïdium et la qualité des vins produits est d'un niveau équivalent à celle des cépages traditionnels. En permettant de réduire de façon drastique (-87%) le recours aux produits antifongiques, ces nouvelles variétés ouvrent la voie vers une viticulture performante et respectueuse de l'environnement.

Un projet sur les maladies fongiques du riz lauréat d'une *Starting Grant* du Conseil européen de la recherche (ERC)

Stella Césari, jeune chercheuse de l'Inra au sein de l'UMR de Biologie et génétique des interactions plante-parasite (BGPI), va bénéficier de ce financement pour son projet de recherche **ii-MAX** sur l'étude des processus cellulaires hôtes ciblés par le champignon *Magnaporthe oryzae* lors de l'infection du riz. Ceci permettra l'exploration de nouveaux mécanismes de l'immunité végétale qui amèneront à diversifier les possibilités pour construire des variétés durablement résistantes à des maladies fongiques.

Un dispositif agroécologique co-conçu pour produire des fruits sans pesticides. Gotheron (Drôme)
©T.Nicolas - INRAE

Programme Prioritaire de Recherche « Cultiver et protéger autrement »

La France reste un consommateur trop important de produits phytosanitaires, à l'origine d'une contamination des différents compartiments de l'environnement et d'impacts sur la santé humaine et celle des écosystèmes. Pour répondre à une demande sociétale forte dans ce domaine, le gouvernement a lancé le Programme prioritaire de recherche « Cultiver et protéger autrement » et en a confié le pilotage scientifique et l'animation à l'Inra.

Ce programme, doté d'une enveloppe de 30 millions d'euros, ambitionne d'amplifier l'effort de production de connaissances fondamentales, et de travailler à l'intégration des connaissances dans la conception de systèmes de cultures et d'organisations collectives. Il devra permettre d'élaborer, avec les acteurs du monde agricole, de nouvelles pratiques alternatives à l'utilisation des produits phytosanitaires.

Le programme, porté par l'Agence nationale de la recherche (ANR), soutiendra des projets positionnés sur des fronts de science qui devront engendrer des innovations de ruptures :

- Des projets intégratifs de grande ampleur, regroupant de larges consortiums et visant un objectif global de conception de nouveaux systèmes de production, avec des demandes pour des projets spécifiques sur le microbiote végétal et sur les sciences humaines et sociales mobilisées par la transition vers des systèmes sans pesticides.
- Des projets d'épidémiosurveillance, orientés vers des méthodes de prophylaxie renouvelées grâce aux nouvelles technologies de l'information.

Conforter la résilience des animaux d'élevage et prévenir les risques zoonotiques

Le contrôle des maladies parasitaires chez les animaux d'élevage

Les maladies parasitaires sont des contraintes majeures en élevage et la réduction des produits anti-infectieux et antimicrobiens est un objectif de politique publique ; deux travaux récents illustrent les possibilités de contrôle de ces maladies. Une bonne compréhension des mécanismes sous-jacents à la résistance génétique peut conduire à la mise en œuvre de programmes de sélection plus efficients et durables. Une première étude s'est intéressée aux mécanismes de la résistance aux nématodes gastro-intestinaux observée dans des élevages caprins créoles. Les résultats obtenus orientent la suite des recherches vers les mécanismes de réparation tissulaire de la muqueuse digestive et ouvrent la voie à l'identification de marqueurs biologiques qui permettront à terme d'optimiser le schéma d'amélioration génétique de la résistance des caprins à ces parasites.

L'utilisation rationnelle des anti-infectieux pour assurer le contrôle des parasites reste une priorité. Une deuxième étude a exploré les mécanismes de résistance aux médicaments antiparasitaires et a permis d'identifier, sur le nématode modèle *Caenorhabditis elegans*, un nouveau facteur impliqué dans l'efficacité de l'ivermectine, un antiparasitaire très utilisé. Ce facteur, en régulant l'élimination des médicaments, dont l'ivermectine, module leur efficacité. Il a été retrouvé également chez des nématodes parasites d'intérêt clinique présents chez les animaux d'élevage. L'activation de cette cible, en réponse à l'exposition au médicament, constitue un mécanisme important dans le développement de la résistance et ouvre ainsi la possibilité de trouver de nouveaux traitements pour soigner ces parasitoses.

PLOS One
DOI : 10.1371/journal.pone.0218719
PLOS Pathogens
DOI : 10.1371/journal.ppat.1007598

Chèvres créoles
©J.Niore INRAE

Identification d'une cible majeure pour le contrôle de la cryptosporidiose

La cryptosporidiose est une maladie fréquente en élevage. Elle conduit à des diarrhées néonatales qui peuvent conduire à la mort rapide de l'animal. Cette maladie reste mal contrôlée, avec une seule molécule possédant une autorisation de mise sur le marché et dont l'efficacité nécessite une administration avant les premiers symptômes de la maladie. Cette maladie, transmissible à l'homme, touche sévèrement les personnes immunodéprimées et l'enfant pour lequel elle est la seconde cause de mortalité au sein des maladies diarrhéiques.
Une étude menée par des chercheurs de l'Inra et de l'Inserm a permis d'identifier un nouveau candidat-médicament. Les résultats observés sur le mode d'action de ce composé ouvrent des perspectives larges de développement d'antiparasitaires à large spectre.

Science Translational Medicine
DOI : 10.1126/scitranslmed.aax7161

Une avancée dans la lutte contre les pneumonies humaines et bovines

La bronchopneumonie est la principale cause de mortalité infantile dans le monde en plus d'être souvent fatale pour les jeunes bovins. Le virus respiratoire syncytial (VRS) en est le principal agent. Les chercheurs, dans le cadre d'une collaboration internationale, ont réussi pour la première fois à élucider la structure de l'acide ribonucléique (ARN) polymérase ARN dépendante, une enzyme indispensable à la survie et à la multiplication du VRS. À l'heure actuelle, les vaccins bovins sont peu efficaces et il n'en existe pas pour l'homme. La connaissance de la structure de cette enzyme, indispensable pour le virus, constitue une avancée importante pour l'élaboration de stratégie de lutte contre cet agent infectieux.

Cell
DOI: 10.1016/j.cell.2019.08.014

Étude phylogénétique des tiques à partir de séquences transcriptomiques

Les tiques sont des vecteurs potentiels d'agents pathogènes, à des degrés divers selon les espèces et en fonction de la biologie de ces dernières. C'est notamment le cas de la tique la plus répandue en Europe, *Ixodes ricinus*. La compréhension de l'évolution des espèces de tiques passe par une reconstitution précise de leur phylogénie et des relations entre espèces, point sur lequel des incertitudes demeurent. Les séquençages de transcriptomes sont des ressources précieuses pour comprendre la biologie de chaque espèce, car ils permettent d'établir sa « boîte à outils » (séquences des gènes et niveau de leur expression). Les données peuvent aussi être utilisées pour analyser l'évolution des espèces. Une première phylogénie a été établie à l'échelle du groupe des tiques « dures » (famille à laquelle appartient *I. ricinus*), en exploitant ces ressources dans une dimension comparative et évolutive. L'histoire évolutive du genre *Ixodes* a pu être précisée. Le jeu de données obtenu permettra également d'étudier d'autres groupes de gènes que ceux utilisés dans l'étude de la phylogénie, et notamment d'étudier des familles de gènes à évolution rapide, sources d'adaptations nouvelles du pathogène.

Scientific Reports
DOI : 10.1038/s41598-019-49641-9

Tique du mouton (*Ixodes ricinus*) sur épi.
©B. Chaubet - INRAE

ENTRETIEN AVEC
Nicolas FORTANÉ
Institut de Recherche Interdisciplinaire en Sciences Sociales (IRISSO)
Centre Ile-de-France-Versailles-Grignon

Vous coordonnez un projet européen, ROADMAP*, sur les enjeux de l'usage des antimicrobiens dans l'élevage. Dans quelles mesures l'antibiorésistance est un enjeu à la fois pour l'agriculture et la santé humaine *One Health* ?
L'antibiorésistance est l'une des composantes de la résistance aux antimicrobiens et correspond au développement de mécanismes de résistance aux antibiotiques chez les bactéries. Ces mécanismes se propagent d'autant mieux que les bactéries sont capables d'effectuer un transfert horizontal de gènes de résistance. Du fait des échecs thérapeutiques qu'elle entraîne, l'antibiorésistance constitue aujourd'hui l'une des plus graves menaces pesant sur la santé mondiale et la sécurité alimentaire.
De nombreux antibiotiques sont utilisés en élevage, pour prévenir et traiter les infections des animaux. Les bactéries résistantes, que ces usages peuvent générer, sont susceptibles d'être transmises aux humains (ou peuvent transmettre leurs gènes de résistance à d'autres bactéries), via l'alimentation, l'environnement ou le contact avec les animaux. Il est donc essentiel de réduire drastiquement l'utilisation des antibiotiques en santé animale. L'antibiorésistance représente typiquement un enjeu « One Health », pour lequel les problématiques de santé humaine, animale et environnementale sont intimement liées.

Pourquoi les approches interdisciplinaires sont-elles un atout pour aborder le problème de l'antibiorésistance ?
L'utilisation des antibiotiques en élevage repose sur de multiples facteurs, pas seulement sanitaires ou techniques, mais aussi sociaux, économiques et institutionnels. Pour comprendre pourquoi les systèmes agro-alimentaires sont encore largement dépendants de l'utilisation des antibiotiques, et pour mettre en place des solutions permettant de favoriser des transitions vers un usage prudent des antibiotiques, toutes les disciplines scientifiques sont importantes et elles doivent collaborer.
Les sciences animales et vétérinaires doivent aider à améliorer les systèmes d'élevage pour les rendre plus soutenables et pour développer des approches préventives des maladies animales. Les sciences sociales permettent de comprendre les enjeux qui déterminent ce qu'il est possible de faire au niveau de l'exploitation agricole, tels que la structure du marché du médicament vétérinaire, les savoirs et les pratiques des acteurs de la santé animale, ou encore les politiques de régulation des antibiotiques et de l'antibiorésistance.
C'est uniquement en travaillant ensemble que des solutions pérennes au problème de l'antibiorésistance pourront être imaginées. L'institut a une tradition de recherche interdisciplinaire en santé animale depuis plusieurs années. Depuis le métaprogramme Gestion Intégrée de la Santé des Animaux (GISA), et aujourd'hui dans le cadre du métaprogramme Santé et Bien-être des Animaux en Élevage (SANBA), ces collaborations se développent et ont permis d'établir des réseaux de recherche interdisciplinaire internationaux.

> Pour mettre en place des solutions permettant de favoriser des transitions vers un usage prudent des antibiotiques, toutes les disciplines scientifiques sont importantes et elles doivent collaborer

Quelles sont les principales questions de recherche abordées dans le projet ROADMAP ?
Avec nos dix-sept partenaires européens, nous avons identifié trois axes de recherche qui nous paraissaient importants d'explorer pour favoriser les transitions des systèmes alimentaires vers un usage prudent des antibiotiques.
Il s'agit tout d'abord de comprendre pourquoi et comment l'utilisation des antibiotiques varie selon différents contextes (par ex., pays ou systèmes de production), en étudiant les pratiques et comportements des acteurs ainsi que la structure des systèmes alimentaires et pharmaceutiques. Il faut ensuite co-concevoir et co-développer des stratégies innovantes avec les professionnels de la santé animale et les parties prenantes pour favoriser une utilisation plus prudente des antimicrobiens dans la production animale, adaptée aux contextes locaux. Il est enfin nécessaire d'évaluer et de maximiser l'impact de ces innovations (techniques et/ou socio-économiques) et de produire des recommandations pour des scénarios de transition vers une utilisation raisonnée des antibiotiques.
Le projet ROADMAP utilise non seulement des approches interdisciplinaires mais aussi des méthodes participatives afin d'intégrer les acteurs et les porteurs d'enjeux dans la construction de solutions innovantes.

**Rethinking Of Antimicrobial Decision-systems in the Management of Animal Production*
https://www.roadmap-h2020.eu

Améliorer le bien-être animal : une demande sociétale forte

La kisspeptine C6, une alternative à l'utilisation d'hormones pour gérer la reproduction en élevage

Dans les régions tempérées, la reproduction naturelle de la chèvre et de la brebis est rythmée par les saisons et pour la plupart des races, les naissances ont lieu au printemps. Pour produire du lait toute l'année afin de répondre à la demande des consommateurs, les éleveurs utilisent des traitements hormonaux qui permettent d'obtenir des naissances à l'automne. Ces traitements impliquent le plus souvent le recours à un analogue de la progestérone et à la gonadotropine chorionique (eCG) issue de sérum de juments gestantes. Cependant, cette méthode présente des inconvénients liés à des risques sanitaires potentiels. De plus, la production d'eCG pose des questions de bien-être animal. Des recherches menées sur les petits ruminants ont conduit à développer une molécule permettant d'induire un cycle de reproduction en dehors de la saison naturelle. Cette molécule est un peptide de synthèse, appelé « kisspeptine C6 ». Elle représente une alternative particulièrement intéressante à l'utilisation d'hormones issues de sérums animaux pour la maîtrise de la reproduction pour des systèmes d'élevage durables et respectueux de la santé et du bien-être des animaux.
PLOS ONE
DOI : 10.1371/journal.pone.0214424

Consolidation des missions du Centre national de référence sur le bien-être animal

Le bien-être des animaux sous la dépendance des humains est un sujet d'attention dans nos sociétés. Le Centre national de référence sur le bien-être animal (CNR BEA) fait partie de la stratégie de la France en faveur du bien-être animal (2016-2020) mise en œuvre par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Cette structure unique regroupe l'Inra, l'Anses, l'Acta et les quatre Écoles nationales vétérinaires, et est portée par l'Inra depuis sa création en 2017. Le CNR BEA apporte une expertise collective et met à disposition des parties prenantes des connaissances scientifiques et techniques en matière de bien-être des animaux.
Au cours de l'année 2019, le CNR BEA s'est employé à consolider ses missions et à développer un espace de concertation et de travail entre les divers organismes.
Dans le cadre de sa mission d'appui, il répond à un nombre croissant de demandes d'expertise du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA).
Dans le même temps, il a construit une plateforme de ressources documentaires et a élaboré un site internet enrichi par une veille partagée entre les organismes.
www.cnr-bea.fr

©INRAE [AdobeStock]

Ouesterel, un projet d'innovation territorial dédié aux conditions d'élevage

Le Laboratoire d'innovation territorial « Ouest territoires d'élevage » (LIT Ouesterel), piloté par l'Inra, est lauréat de l'appel à projets des « Territoires d'innovation » du Programme des investissements d'avenir (PIA3). Pour réconcilier élevage et société, il vise à la co-construction de nouveaux modèles d'élevage, de transport et d'abattage des animaux répondant aux attentes des consommateurs et des citoyens, tout en prenant en compte les contraintes des acteurs économiques des filières animales.
Le projet s'appuie sur un large consortium d'acteurs regroupant des collectivités territoriales (dont les trois Conseils régionaux du Grand Ouest), des acteurs de la production agricole, du transport, de l'abattage et de la transformation, des acteurs de la distribution alimentaire, des start-up du numérique, des associations et des acteurs publics et parapublics de la recherche et développement (R&D). Les innovations ciblées sont des solutions pratiques et technologiques de nouveaux équipements et bâtiments, des outils pour assurer la traçabilité exhaustive des évènements, depuis l'éleveur jusqu'au consommateur, et des référentiels de santé et de bien-être animal (SBEA). Des actions de formation et d'information complètent le dispositif.
En 2019, le projet a élaboré des premières versions des référentiels pour le porc et les vaches laitières ; celui relatif à la volaille de chair est achevé. Les premières opérations de recherche-développement-innovation ont été définies et les modalités de mise en œuvre des opérations de codesign avec les acteurs dans les territoires pilotes ont été précisées.
https://url.inrae.fr/3cIl5Z3

Guillaume Martin, chargé de recherche, accompagné d'une éleveuse
© INRAE

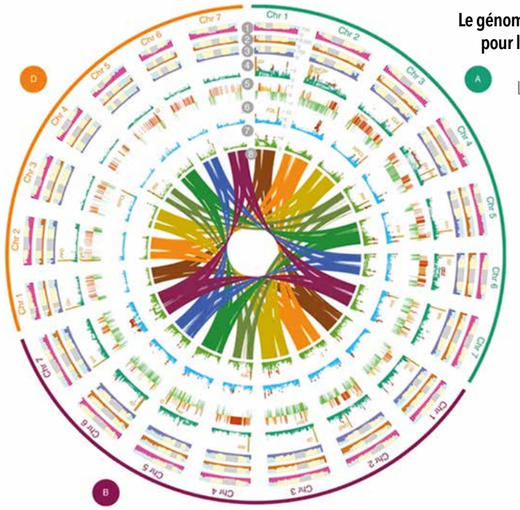
BRÈVE

MOOC Bien-être des animaux d'élevage
La prise en compte et l'amélioration du bien-être des animaux sont de plus en plus importantes pour différents acteurs, depuis les éleveurs jusqu'aux consommateurs. Une équipe pédagogique regroupant des enseignants-chercheurs, des chercheurs et des vétérinaires spécialistes du bien-être des animaux d'élevage a conçu ce cours d'enseignement sur Internet (MOOC). Il est structuré en trois modules : « comprendre » qui pose les bases théoriques, « évaluer » qui propose des éléments utilisables sur le terrain et « améliorer » qui présente quelques solutions.
https://url.inrae.fr/3cRn0KR

Connaître les génomes pour explorer les liens entre diversité génétique et caractères

L'origine des blés modernes explorée

Caractériser au niveau le plus fin la diversité génétique mondiale du blé pour en retracer l'histoire évolutive, mais également exploiter de façon la plus appropriée les ressources génétiques pour répondre aux grands défis de l'agriculture de demain. C'est le challenge qu'a relevé un consortium des meilleurs experts européens en génétique, génomique, physiologie et agronomie du blé appartenant à 21 laboratoires (projet européen Whealbi), et les principaux acteurs français publics et privés travaillant sur le blé (Projet investissements d'avenir BreedWheat)
Science Advances
DOI: 10.1126/sciadv.aav0536
Nature Genetics
DOI: 10.1038/s41588-019-0393-z



Carte de diversité du génome du blé
©Nature Genetics
›

Le génome d'une légumineuse séquencé pour la première fois

Les légumineuses à graines, et en particulier le pois, sont des composantes majeures des systèmes de culture agroécologiques et de la transition alimentaire en cours. Un consortium international comprenant l'Inra, le CEA, des équipes américaines, australiennes, canadiennes, tchèques et piloté par une équipe de l'Inra a fourni la première séquence du génome du pois. L'accès à la séquence du génome du pois permettra d'avancer plus efficacement dans la sélection de caractères agronomiques chez cette espèce.
Nature Genetics
DOI: 10.1038/s41588-019-0480-1

Le génome du carpocapse séquencé et assemblé à l'échelle chromosomique, une première pour un insecte ravageur

Le carpocapse, ou ver de la pomme (*Cydia pomonella*), est un ravageur très fréquent en France et émergent dans certains pays comme la Chine. Il est capable de s'adapter rapidement à son environnement et de développer de fortes résistances aux insecticides de synthèse et également à ceux utilisés en agriculture biologique. Son génome, séquencé et assemblé pour la première fois, constitue une référence pour comparer des populations de carpocapses sensibles ou résistantes aux pesticides et identifier les déterminants génétiques de ces variations. Ces données obtenues dans le cadre d'une association entre une équipe Inra et des équipes chinoises, américaines et italiennes, sont des outils clés dans la lutte contre ce ravageur.

Nature Communications
DOI : 10.1038/s41467-019-12175-9

Dégâts de la chenille du carpocapse dans un verger : trous de pénétration de larves sur pomme.
©B. Sauphanor - INRAE

BRÈVE

Le 12e avis du Comité d'éthique Inra-Cirad-Ifremer sur l'édition du génome des animaux.
Cet avis porte principalement sur l'utilisation des nouvelles techniques comme CRISPR-Cas9, souvent comparée à des ciseaux moléculaires, qui permet d'opérer des modifications très ciblées du génome. L'avis examine les applications agronomiques de ces techniques, soit pour améliorer l'élevage, soit pour lutter contre des ravageurs, parasites ou espèces envahissantes. Le comité d'éthique dans ses conclusions recommande la prudence dans l'usage des techniques d'édition de génome appliquées aux animaux, en tenant compte notamment de la difficulté de confiner la recherche et d'assigner des limites.
https://url.inrae.fr/2MGfmsn

L'extension de l'annotation des génomes aux espèces d'élevage

L'annotation génomique consiste à apporter de l'information sur la séquence génomique d'un organisme afin de mieux comprendre le lien entre génotype et phénotype. Les données obtenues sur les espèces modèles ont un intérêt limité pour comprendre des phénotypes d'intérêt des espèces d'élevage dans leur contexte. L'Inra est un acteur majeur de l'initiative Functional Annotation of Animal Genomes (FAANG) lancée en 2015 pour répondre à ce besoin. À partir des résultats obtenus, des cartes d'activité génomique de quatre espèces d'intérêt agronomique, la vache, le cochon, la poule et la chèvre ont été développées et mises à disposition (www.fragencode.org).

Annual Review of Animal Biosciences
DOI: 10.1146/annurev-animal-020518-114913
BioRxiv
DOI : 10.1101/316091
BMC Biology
DOI: 10.1186/s12915-019-0726-5

Une carte génomique de l'adaptation au climat chez les races bovines méditerranéennes

La Méditerranée représente une zone centrale pour l'échange des populations bovines européennes et africaines. Dans le cadre d'un consortium international, les chercheurs ont caractérisé l'histoire démographique et adaptative de 21 races bovines locales du pourtour méditerranéen. Cette étude, basée sur des données de génotypage pangénomique, a confirmé l'origine complexe de ces populations et a permis d'identifier plusieurs marqueurs génétiques associés à des variables climatiques, situés à proximité de gènes impliqués dans la thermotolérance, la protection contre les ultraviolets (UV), la résistance à certains agents pathogènes (dont l'agent du charbon bactéridien) et le métabolisme. Ces résultats attestent du caractère unique des races bovines méditerranéennes autochtones.

Molecular Ecology
DOI : 10.1111/mec.15004

Et si la sélection des animaux n'était pas qu'une affaire de génétique ?

Actuellement, la sélection des animaux de rente est réalisée selon leur potentiel génétique. Pourtant, des facteurs non génétiques sont aussi transmis de génération en génération et influencent les performances des animaux. Il s'agit de facteurs transmis via un support physique tel que le microbiote et les marques épigénétiques (mécanismes moléculaires modifiant l'expression des gènes indépendamment de toute variation dans la séquence de l'acide désoxyribonucléique (ADN) ou non, comme la transmission du comportement par apprentissage. Pour permettre la mise en œuvre d'une stratégie de sélection combinant valeur génétique et facteurs non-génétiques transmissibles, un modèle d'analyse des caractères, qui prend en compte l'ensemble des facteurs transmissibles (qu'ils soient génétiques ou non) dans l'estimation du potentiel d'un animal à transmettre ses caractéristiques à sa descendance, a été développé. Les modifications des pratiques d'élevage (axées sur le bien-être et les interactions entre animaux), qui permettraient de modifier positivement les facteurs non-génétiques transmis aux générations suivantes, ont été identifiées. Ce modèle théorique constitue une proposition originale qui est en cours de validation sur des données multi-espèces d'efficacité alimentaire.

Genetics
DOI: 10.1534/genetics.119.302375
Frontiers in Genetics
DOI: 10.3389/fgene.2019.01058

Bovins de race gasconne (Montségur - Ariège).
©J. Weber - INRAE

.03

Faits marquants scientifiques >

La biodiversité, un élément clé pour le fonctionnement des écosystèmes naturels et cultivés /

Les enjeux relatifs à la biodiversité occupent désormais l'agenda politique et s'intègrent chaque jour davantage dans les problématiques agronomiques. L'Inra et Irstea sont des acteurs clés sur ces questions. Par exemple, l'Inra participe à la conservation des ressources génétiques et intervient en soutien à la phytopharmacovigilance. Les deux instituts concourent également à une meilleure intégration de la biodiversité dans les processus de production agricole et forestière et à mieux comprendre son rôle dans la résilience et la durabilité des systèmes écologiques exposés à des facteurs de stress multiples.

Les recherches sont menées sur les sols, les végétaux et les animaux, à toutes les échelles, du gène au paysage en passant par la parcelle.

Décrire l'état de la biodiversité, comprendre ses fonctions pour les préserver et les utiliser durablement

Biodiversité des sols : première cartographie mondiale des lombrics

Dans un contexte de changement climatique, l'identification des facteurs environnementaux (sol, climat) ou anthropiques influençant la distribution et l'activité des organismes du sol est essentielle afin de pouvoir développer des leviers assurant le maintien ou l'amélioration de cette fraction de la biodiversité, de ses fonctions et des services écosystémiques associés. Les lombrics sont reconnus comme des organismes clés dans la fourniture de services écosystémiques. Une étude de très grande ampleur a permis une cartographie à l'échelle mondiale de la distribution spatiale de ces animaux.
Ce travail, impliquant plus de 140 scientifiques et portant sur des données issues de 6 928 sites répartis dans 57 pays, a notamment révélé le rôle majeur des températures et des précipitations sur cette distribution.
Science
DOI : 10.1126/science.aax4851

Le rôle essentiel des espèces rares dans la multifonctionnalité des écosystèmes

Un consortium international, impliquant des chercheurs de l'Inra, révèle le rôle capital de la diversité végétale des espèces rares et de leur histoire évolutive pour le maintien d'écosystèmes dits « multifonctionnels ». Issus d'observations réalisées dans 123 sites dans le monde, ces travaux démontrent l'importance de la biodiversité au travers de ses composantes taxonomiques, fonctionnelles et phylogénétiques sur le fonctionnement des écosystèmes. Les résultats mettent en lumière l'importance de conserver les espèces rares afin de protéger l'intégrité du fonctionnement des écosystèmes.
PNAS
DOI : 10.1073/pnas.1815727116

La biodiversité en appui à une production agricole durable

Les adventices sont connues pour générer des pertes de rendement mais l'effet de leur diversité sur les pertes de rendement reste très peu étudié. Une étude menée sur le blé tendre sur une durée de trois ans confirme que les adventices diminuent les rendements en absence de désherbage mais que cet effet négatif est moindre si les communautés d'adventices sont diversifiées. D'un point de vue méthodologique, cette étude a également permis d'identifier les stades clés de compétition entre adventices et culture.
Nature Sustainability
10.1038/s41893-019-0415-y

Vers de terre *Aporrectodea longa*.
©C. Pelosi

Glacier Morteratsch (Suisse) en 2012
©Simo Räsänen

L'évolution de la biodiversité en réponse à la retraite des glaciers

Depuis la fin du Petit Âge glaciaire, la plupart des glaciers sont en retrait. Cependant, le taux de fonte s'est accéléré ces dernières décennies avec le réchauffement climatique, entraînant des modifications environnementales et par conséquent une menace pour les écosystèmes directement influencés par les glaciers. Une méta-analyse de 234 publications comprenant plus de 2 100 observations de la distribution de la biodiversité marine, d'eau douce et terrestre le long d'un gradient d'influence glaciaire, indique que la diversité pourrait augmenter localement lorsque les glaciers se retirent. Cependant, entre 6 à 11% des populations étudiées, en particulier dans les fjords, seraient menacées par le recul des glaciers. La plupart des espèces « perdantes » sont des espèces spécialisées, uniquement adaptées aux conditions glaciaires, alors que les « gagnantes » sont des espèces généralistes colonisant les milieux depuis l'aval.
Nature Ecology & Evolution
DOI: 10.1038/s41559-019-1042-8

Rapport d'activité
2019
049
INRA • IRSTEA

FOCUS

Diversité des paysages et protection des cultures

L'échelle du paysage est essentielle pour organiser dans l'espace et dans le temps les habitats cultivés et non cultivés, et gérer la biodiversité fonctionnelle recherchée.

Des mosaïques de cultures plus complexes pour davantage de biodiversité

L'intensification de l'agriculture et la destruction des milieux semi-naturels (bosquets, haies, bandes enherbées) font partie des principales causes de la perte de biodiversité observée actuellement de par le monde. Comment favoriser la biodiversité des paysages agricoles et les services écosystémiques qu'elle fournit, tout en maintenant les surfaces de production agricole ? Dans le cadre d'une étude internationale de grande ampleur, FarmLand, les chercheurs ont examiné l'effet de la taille des parcelles, de la diversité des cultures et de la proportion d'espaces semi-naturels sur la biodiversité et les services écosystémiques des paysages agricoles. Leurs travaux montrent qu'augmenter la complexité de la mosaïque des cultures offre un levier d'action considérable pour favoriser la biodiversité des paysages agricoles et les services écosystémiques, tout en maintenant les surfaces de production agricole.

PNAS
DOI : 10.1073/pnas.1906419116

Le niveau d'usage de pesticides module les effets du paysage sur le contrôle biologique des bioagresseurs

Quatre unités de l'Inra ont formé depuis 2014 le réseau de recherche Services écosystémiques assurés par la biodiversité dans les paysages agricoles (SEBIOPAG) pour étudier les relations entre biodiversité, structure des paysages et services écosystémiques favorables à l'agriculture, dont la prédation des bioagresseurs des cultures par des auxiliaires. Les chercheurs ont pu montrer que le potentiel de prédation, évalué par la mesure du taux de consommation de proies sentinelles, dépend d'interactions entre les caractéristiques du paysage et l'intensité locale de l'usage des pesticides : de fortes intensités d'usage de ces derniers peuvent contrecarrer les effets positifs des habitats semi-naturels ; à l'inverse, la réduction de l'usage des pesticides doit s'accompagner d'une augmentation des habitats semi-naturels pour garantir un contrôle biologique par conservation efficace.

Proceedings of the Royal Sociéty Biological Sciences
DOI: 10.1098/rspb.2018.2898
http://sebiopag.inra.fr/

Bocage
© INRAE [AdobeStock]

« Paysage, biodiversité fonctionnelle et santé des plantes »

Un ouvrage pluridisciplinaire, coordonné par deux chercheuses Inra, à destination des étudiants, enseignants et acteurs du développement agricole, fait le point sur les connaissances théoriques, les démarches de recherche et les principaux travaux portant sur la réponse des bioagresseurs, des auxiliaires et des pollinisateurs à l'organisation spatiale et temporelle du paysage. Il présente aussi des cas d'études concrets sur la gestion concertée de paysages pour la santé des cultures. L'objectif est non seulement de fournir au lecteur les principaux résultats sur cette question, mais également les clés nécessaires pour prendre du recul.

Editions QUAE, 2019,
ISBN 9782759230136

BRÈVE

Un Carrefour de l'Innovation Agronomique (CIAg) dédié à la biodiversité

Le CIAg « Biodiversité et agricultures », qui s'est tenu en avril 2019 à Paris, a permis d'illustrer les avancées réalisées par le secteur agricole lors de cette dernière décennie tout autant que le chemin qu'il reste à parcourir pour que les enjeux de biodiversité, moteur de l'agro-écosystème, s'intègrent davantage au cœur de la production agricole. Les présentations ont porté sur les formes d'agriculture qui réduisent leurs impacts et prennent davantage en compte la biodiversité ; l'intégration de la biodiversité dans le processus de production agricole ; les leviers pour la mise en œuvre des politiques publiques pour davantage de biodiversité.

Le CIAg s'adressait en particulier aux acteurs socioprofessionnels agricoles, les secteurs amont et aval de l'agriculture, les gestionnaires du territoire et les acteurs en charge de l'élaboration des politiques publiques, les représentants d'associations environnementales, réunis par l'ambition d'inscrire la biodiversité au cœur de la transition agroécologique et du développement de systèmes agri-alimentaires plus durables et résilients.

https://url.inrae.fr/30oklpt

.04

Faits marquants scientifiques >

Préserver les ressources /

L'eau est un enjeu majeur au niveau national, européen comme mondial. Le changement climatique, les pressions liées à la croissance urbaine et aux besoins pour l'agriculture interrogent la disponibilité des ressources en eau, l'évolution de leur qualité et les risques naturels et environnementaux associés au cycle de l'eau.

Les travaux de l'Inra et d'Irstea portent sur l'eau comme facteur de fonctionnement des écosystèmes agricoles et forestiers, les dynamiques des flux et des hydrosystèmes et les risques environnementaux et naturels associés ou encore la gestion intégrée des ressources en eau dans les territoires et l'accompagnement des transitions nécessaires à leur préservation et à leur conservation.

Comprendre le cycle de l'eau et améliorer sa gestion

L'empreinte humaine sur le cycle global de l'eau est trop souvent sous-estimée

Une mauvaise représentation du cycle de l'eau laisse penser que cette ressource est inépuisable. Pourtant, les usages anthropiques affectent de plus en plus significativement l'abondance et la qualité des ressources en eau, que ce soit directement par prélèvement ou pollution, ou indirectement par des changements d'usages des terres. De plus, les changements climatiques, le plus souvent absents des représentations graphiques, constituent aussi une contrainte de plus en plus forte sur les ressources en eau. L'analyse de 464 représentations publiées de par le monde dans des journaux scientifiques, des articles de vulgarisation ou des ouvrages d'enseignement confirme ce constat. Le message principal qu'ils véhiculent renforce des prises de décisions souvent unilatérales sur la gestion de l'eau, et ce, quelle que soit l'échelle de gestion considérée.

Nature Geoscience

DOI : 10.1038/s41561-019-0374-y

© INRAE [AdobeStock]

Des outils prospectifs au service de la gestion de l'eau

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthode de plus en plus utilisée pour évaluer les impacts environnementaux des systèmes de production et de consommation des ressources naturelles. L'innovation, proposée par les équipes Irstea de l'UMR Information Technologies Analyse environnementale Procédés agricoles (ITAP) de Montpellier, concerne le développement du concept de mix d'approvisionnement en eau (WSmix), comparable au concept de mix électrique pour une application dans le cadre des évaluations environnementales. Les travaux relatifs au WSmix sont à l'interface de l'acquisition de connaissances (définition d'un cadre conceptuel innovant) et du développement de nouveaux outils (base de données régionalisée au niveau mondial ayant de nombreuses applications potentielles dans le contexte actuel de transition écologique). Ils apportent une contribution importante dans le domaine de l'évaluation environnementale et au-delà, en définissant un nouveau concept mondial, dont les retombées sont comparables à celles du concept de mix électrique ou énergétique.

Environmental Science & Technology

DOI : 10.1021/acs.est.8b04071

Le changement climatique affecte-t-il l'intensité des crues ?

Jusqu'à présent, aucune étude n'avait permis d'identifier des tendances cohérentes de l'évolution de l'intensité des crues en lien avec le changement climatique à une échelle continentale, notamment à cause de la faible couverture spatiale des stations

Danse en crue en juin 1974 (Haute-Savoie).
©J.-C.Druart - INRAE

hydrométriques. Une action de recherche internationale, associant Irstea, a été conduite sur les débits de crue mesurés sur une période de 50 ans (1960-2010) dans 3 738 stations hydrométriques représentatives du fonctionnement hydrologique des différentes régions d'Europe. Aucune évolution homogène n'a été mise en évidence. Le changement climatique conduit à des évolutions contrastées entre régions. L'intensité des crues croît dans certaines régions (Nord-Ouest de l'Europe notamment) alors qu'elle décroît dans d'autres (Sud et Est de l'Europe). Cette hétérogénéité des évolutions, déjà montrée précédemment par le même consortium pour la saisonnalité des crues, est liée, entre autres, aux évolutions climatiques régionales différenciées et aux interactions complexes (avec parfois des compensations) entre les processus physiques à l'origine des crues.

Nature

DOI : 10.1038/s41586-019-1495-6.

La restauration d'un bassin versant en Normandie mobilise la communauté internationale

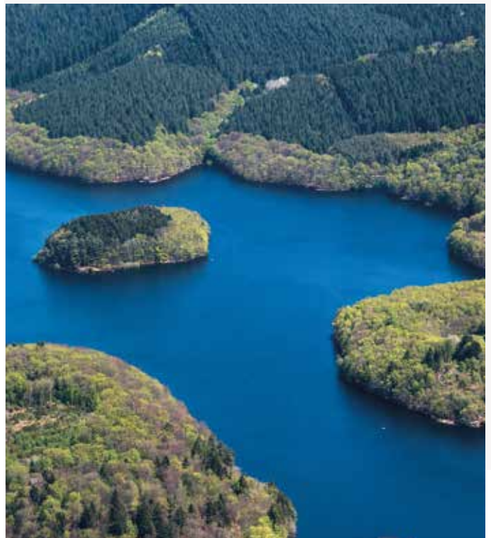
Les travaux du plus grand effacement d'ouvrages hydroélectriques jamais entrepris à l'échelle européenne ont débuté en 2019 dans la vallée de la Sélune en Normandie.
Ce projet de restauration d'un bassin versant de 1 000 km² fait l'objet d'un programme scientifique, le « Programme Sélune », qui suscite un réel intérêt international, comme en témoigne le congrès organisé du 24 au 26 septembre 2019 en collaboration avec European Rivers Network, et qui a rassemblé plus de 200 participants de 20 pays différents. Cet événement a été l'occasion de dresser un bilan des recherches menées sur la Sélune et de les confronter aux résultats de suivis d'arasement de barrages menés dans diverses régions du globe (Europe, Asie, Amérique), dans un cadre qui a rassemblé scientifiques, associations, usagers, gestionnaires, élus et représentants de l'état, avec le souci de mettre la science au cœur d'un projet de territoire et de transition.
https://url.inrae.fr/2MLkRG2

BRÈVE

Un partenariat pour les sols alpins
Dans le cadre du projet européen Linking Alpine Soil Knowledge for Sustainable Ecosystem Management and Capacity Building (Interreg Links4Soils), Irstea a été un des acteurs de la création du partenariat pour les sols alpins (Alps soil partnership – AlpSP). Ce réseau transnational informel a pour objectif de renforcer l'engagement politique et l'optimisation de la gouvernance pour la mise en œuvre de stratégies efficaces de gestion et de valorisation des services rendus par les sols dans les Alpes.
alpinesoils.eu

Les 23 problèmes non résolus en hydrologie

L'hydrologie bénéficie d'une solide communauté scientifique organisée à l'échelle internationale qui s'est mobilisée autour d'une réflexion participative originale pour identifier les verrous scientifiques majeurs auxquels le domaine est confronté. Un collectif international regroupant 230 scientifiques, et au sein duquel Irstea est très représenté, a fait émerger une liste de 23 problèmes non résolus.
Ces 23 problèmes forment la base d'un programme de travail ambitieux qui concerne à la fois les changements climatiques et environnementaux, des questions d'échelles difficiles à traiter en modélisation hydrologique, des questions relatives aux extrêmes (crues et étiages) qui font courir des risques à nos sociétés, des difficultés d'observation et de mesure, des goulots d'étranglement en modélisation, et enfin le lien entre science et société.
Hydrological Sciences Journal
DOI : 10.1080/02626667.2019.1620507



Vue aérienne du lac de Chaumeçon dans la Nièvre
©INRAE [AdobeStock]

ENTRETIEN AVEC
Vazken ANDRÉASSIAN
Unité Hydrosystèmes Continentaux Anthropisés Ressources, Risques, Restauration (HYCAR)
Centre Île-de-France-Jouy-en-Josas-Antony

23 problèmes non résolus : l'hydrologie est-elle une science si jeune pour qu'il reste tant de choses à découvrir ?
Non, pas du tout : l'hydrologie en tant que science remonte au dix-neuvième siècle. En proposant à la communauté internationale des sciences hydrologiques de travailler à identifier 23 problèmes qualifiés de non résolus, il y avait avant tout la volonté de susciter un débat sur les priorités scientifiques. C'est de la confrontation de ces opinions, parfois divergentes, qu'est née la liste des 23 problèmes. Quant au chiffre 23, c'est un clin d'œil au mathématicien allemand Hibbert qui avait proposé au congrès de mathématiques de Paris en 1900 une liste de 23 problèmes.

> Dans le contexte actuel de changement climatique ou de changement d'occupation des sols, nous demandons à nos modèles d'en prévoir les conséquences, sans nous être assurés au préalable de leurs capacités d'extrapolation

Parmi ces 23 problèmes, certains vous intéressent-ils plus particulièrement ?
J'en mentionnerai deux en particulier, pour leur intérêt soit pratique soit théorique. Le premier est celui de la capacité d'extrapolation des modèles hydrologiques. Dans le contexte actuel de changement climatique ou de changement d'occupation des sols, nous demandons à nos modèles d'en prévoir les conséquences, sans nous être assurés au préalable de leurs capacités d'extrapolation. L'extrapolation, c'est pour moi le test idéal, le « crash-test » ultime en modélisation, une question qui concerne tous les modèles, des plus simples aux plus complexes. Il n'est pas facile de concevoir des tests, mais c'est indispensable, et nous y travaillons de façon très active dans l'unité de recherche que je dirige.
Le deuxième problème est celui de la différence entre comportement macroscopique et microscopique, ou encore des propriétés émergentes d'un système. Ainsi, le comportement d'une grande rivière ne s'obtient pas par une addition directe des comportements des petits ruisseaux. Autrement dit, il ne suffit pas d'agréger les simulations des équations microscopiques pour obtenir le comportement du bassin versant à grande échelle. C'est la question théorique que je trouve la plus intéressante pour ma part, et je crois nécessaire de poursuivre les travaux de recherche qui permettent de mettre en lumière les propriétés à grande échelle des bassins versants.

Quel est le rôle des collaborations internationales sur ces questions de recherche ?
Dans le monde scientifique d'aujourd'hui, les collaborations internationales sont essentielles : échanger des idées et des doctorants à l'échelle européenne est devenu courant, et c'est très bien. Cela permet également de confronter nos modèles à un panel de bassins versants climatiquement et géologiquement variés.

.05

Faits marquants scientifiques ›

Une alimentation saine et durable /

L'évolution des régimes alimentaires est un levier majeur pour contribuer à l'amélioration de la santé des populations, développer des systèmes alimentaires avec un impact réduit sur l'environnement et une meilleure résilience aux chocs climatiques, sanitaires ou économiques. Pour accélérer la transition vers ces régimes alimentaires plus sains et plus durables, il est nécessaire de reconnecter agriculture et alimentation et d'intégrer les enjeux de nutrition et de santé en considérant l'ensemble du système alimentaire.

Ces régimes nécessiteront de préserver la qualité et la diversité des aliments ; de maintenir la compétitivité du secteur agro-alimentaire ; mais aussi de mieux répondre aux nombreuses attentes souvent contradictoires des consommateurs. Autant de défis pour la recherche avec des approches fondamentales pour explorer le fonctionnement du microbiote intestinal mais aussi avec des approches d'innovation ouverte.

Des systèmes alimentaires plus durables, du territoire à l'aliment

Du champ à l'assiette, le renouveau de l'alimentation de proximité

Les circuits courts alimentaires, rapprochant producteurs et consommateurs, sont en plein renouvellement en France depuis la fin des années 1990. Vente directe à la ferme, boutiques de producteurs, plateformes de commande de produits locaux par Internet... Les initiatives se multiplient dans les territoires, encouragées depuis 2014 par la mise en place des Projets Alimentaires Territoriaux inscrits dans la Loi d'avenir agricole. Ce mouvement autour de l'alimentation locale est souvent associé à des impacts positifs : faciliter l'accès de tous à une alimentation saine et de qualité, maintenir des fermes à taille humaine, favoriser une agriculture plus écologique, soutenir l'économie locale…
Ce mouvement est-il à la hauteur des vertus qu'on lui prête ? Sur la base de recherches et de démarches innovantes, conduites à l'Inra, qui ont permis de produire de nombreuses données de terrain, l'ouvrage questionne les impacts des circuits courts au regard de l'urgence d'une transition, des systèmes alimentaires comme de l'économie de marché. L'alimentation locale émerge alors comme un révélateur des freins au changement de modèle agricole et alimentaire qui interpellent l'action publique en particulier, mais aussi des processus sociaux, économiques, politiques par lesquels s'invente une alimentation plus durable.

ERES
DOI:10.3917/eres.chiff.2019.01
Hors-Série Village n°3, octobre 2019.

Marché alimentaire
©INRAE

Plus de protéines végétales dans son alimentation : comment et par quoi commencer ?

Les systèmes alimentaires doivent se réorienter en faveur des protéines végétales pour des raisons de santé et de réduction d'impact environnemental. Des chercheurs ont simulé la substitution progressive des produits riches en protéines animales par des produits riches en protéines végétales en adoptant une approche de petits changements élémentaires successifs. Ils ont ainsi montré qu'une augmentation pas à pas de la contribution alimentaire des protéines végétales induit une meilleure qualité nutritionnelle, des effets plus favorables sur la santé (en termes de morts précoces évitées), et une diminution des répercussions climatiques (moindres émissions de gaz à effet de serre). Cependant pour garantir une bonne transition nutritionnelle, une diversification des sources protéiques végétales est nécessaire incluant plus de produits céréaliers complets, de légumineuses, de graines et de fruits à coques.

Journal of Nutrition
DOI: 10.1093/jn/nxz252 et DOI: 10.1093/jn/nxy275 ;
Climatic Change
DOI: 10.1007/s10584-019-02592-6

BRÈVES

Le projet Diversifood lauréat des Étoiles de l'Europe 2019

Redynamiser l'agriculture européenne en améliorant la viabilité économique et écologique des systèmes alimentaires localisés, tel est l'objectif du projet Diversifood. Ce projet, a été distingué de la mention « Science Ouverte » lors de la 7e édition des Étoiles de l'Europe attribuées par le ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur. Ce prix récompense la dimension participative des projets, la transdisciplinarité, et la liberté d'accès aux données.
www.diversifood.eu

Soufflet et Inra lancent un programme de recherche sur les protéines végétales

Ce programme lancé en 2019 vise un double objectif, agronomique et agroalimentaire. En amont, il s'agira d'identifier les meilleures techniques culturales alternatives de lutte contre les bruches de la lentille et de la féverole. En aval, l'objet des recherches sera de mieux comprendre les mécanismes de formation des arrière-goûts végétaux et de l'amertume des produits à base de farines riches en protéines végétales, afin de proposer de nouveaux produits et ingrédients.
inrae.fr/actualites

©INRAE [AdobeStock]

Combiner l'évaluation quantitative des risques pour la santé humaine, les déchets alimentaires et la consommation d'énergie : la prochaine étape du développement de la chaîne du froid alimentaire ?

La réfrigération est largement utilisée pour prolonger la durée de conservation des produits alimentaires et assurer la sécurité sanitaire des aliments. Cependant, l'électricité consommée par les procédés de réfrigération pour maintenir la température des produits tout au long de la chaîne du froid a des impacts économiques et environnementaux. Une approche multicritères a été développée pour évaluer quantitativement l'impact des conditions de fonctionnement de la chaîne du froid sur la sécurité microbiologique, les déchets et la consommation d'énergie.

Risk analysis
DOI: 10.1111/risa.13199

FOCUS

Alimentation infantile

Alimentation des enfants
©INRAE [AdobeStock]

Consommation de préparations infantiles hypoallergéniques, quelle plus-value ?

Les préparations infantiles hypoallergéniques sont recommandées pour les nourrissons considérés comme à risque (allergies) et qui ne sont pas exclusivement allaités. Elles sont censées éviter que les bébés ne développent des allergies plus tard dans leur vie. Mais sont-elles efficaces ? Un consortium regroupant des chercheurs de l'Inra et de l'Inserm a montré que l'utilisation de ces préparations n'est pas associée à une diminution du risque d'allergies. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de la cohorte ELFE (Étude longitudinale française depuis l'enfance), la première cohorte d'envergure nationale consacrée au suivi des enfants, de la naissance à l'âge adulte. Ces résultats ne permettent pas d'établir de liens de causalité pour les effets observés mais ils soulignent la nécessité de réaliser des études cliniques sur ces préparations avant de promouvoir leur potentiel effet hypoallergénique.

Pediatric Allergy and Immunology
DOI: 10.1111/pai.13094

ENTRETIEN AVEC

Blandine de LAUZON

Centre de Recherche Epidémiologie et Bio Statistique
Sorbonne Paris Cité
Centre Île-de-France-Jouy-en-Josas-Antony

Quels sont les enjeux actuels autour de l'alimentation infantile ?

De nombreuses études mettent en avant l'importance des expositions au cours de la grossesse et des premières années de vie sur la santé à long terme des individus. Par ailleurs, des travaux menés notamment à l'Inra ont mis en évidence que les habitudes alimentaires se mettent en place très tôt dans la vie. En raison de ses bénéfices pour la santé, un allaitement maternel exclusif est recommandé (OMS) pendant les six premiers mois de vie. Néanmoins, la durée de l'allaitement étant très faible en France, il est important de s'intéresser aussi à l'alimentation des enfants qui ne sont pas allaités exclusivement. En particulier, les préparations infantiles disponibles sur le marché sont très nombreuses et de composition nutritionnelle variée.

> Les habitudes alimentaires se mettent en place très tôt dans la vie

À quelles questions principales avez-vous souhaité répondre ? Avez-vous rencontré des verrous méthodologiques ?

Mes travaux portent principalement sur l'influence de l'allaitement, de la composition nutritionnelle des préparations infantiles et des autres pratiques parentales associées sur la santé et le développement de l'enfant. Pour cela, il est nécessaire de disposer de données avec un suivi à long terme. Les cohortes de naissance, comme la cohorte ELFE, permettent d'étudier l'alimentation dans ses différentes dimensions, avec une approche nutritionnelle, mais aussi une approche plus comportementale, grâce à la collaboration entre des équipes de recherche avec des domaines d'expertise complémentaires. Néanmoins, elles ne permettent pas d'établir de lien de causalité, il est donc nécessaire que de nouveaux essais cliniques randomisés soient conduits.

Quels sont les enjeux de recherche prioritaires sur l'alimentation infantile ?

Les parents sont très demandeurs de conseils sur l'alimentation de leur enfant, en termes d'aliments consommés mais également de comportements à adopter vis-à-vis de leur enfant. Pour appuyer des recommandations sur une base scientifique solide, il est nécessaire que les chercheurs poursuivent leurs travaux de recherche sur l'influence à moyen et long terme des différents composants de l'alimentation infantile et des pratiques parentales sur la santé de l'enfant.

FOCUS

Impact des pratiques éducatives parentales sur la régulation de la prise alimentaire chez le jeune enfant

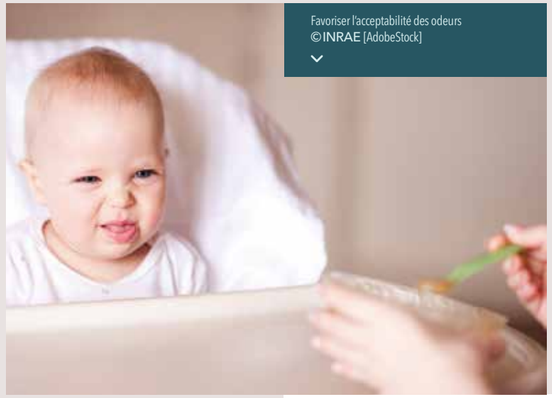
Le nourrisson a la capacité d'ajuster sa prise alimentaire en fonction de ses besoins, guidée par ses sensations internes de faim et de rassasiement. Cependant, cette capacité tend à décliner dès les premières années de vie. Parallèlement, on sait que les parents jouent un rôle clé dans le développement des comportements alimentaires des enfants. À partir de réponses recueillies auprès de 790 parents, les chercheurs ont montré que le recours à l'aliment-récompense a un effet délétère sur la régulation de la prise alimentaire de l'enfant de 1 à 6 ans. L'ensemble des résultats de cette étude met en exergue l'influence précoce de pratiques socio-éducatives sur les comportements de régulation chez l'enfant, et leur impact *in fine* sur l'indice de masse corporelle.

Appetite
DOI : 10.1016/j.appet.2019.03.029

Favoriser l'acceptabilité des odeurs *a priori* déplaisantes, un apprentissage dès la vie fœtale

Dès la naissance, les nouveau-nés ont des capacités olfactives développées et expriment des réactions d'attraction ou de rejet pouvant être modulées par les expériences prénatales. Certains composés volatils, responsables de l'odeur des aliments, peuvent passer dans le liquide amniotique et/ou dans le lait maternel et être perçus et mémorisés par le fœtus et le nourrisson. Les réactions de nourrissons à des odeurs alimentaires ont été mesurées à l'âge de 8, 12 et 22 mois. On constate une appréciation plus élevée pour les odeurs alimentaires jugées déplaisantes par des adultes, au moins jusqu'à l'âge de 8 mois, lorsque la mère a consommé des aliments porteurs d'odeurs de légumes verts, de fromage ou de poisson pendant la grossesse et la lactation. De plus, à 12 mois, le rejet des poissons et des fromages est associé aux rejets des odeurs de ces aliments. Ainsi, la consommation par la mère de certains aliments pourrait augmenter l'appréciation de l'odeur de ces aliments et favoriser l'acceptation de ces aliments lors de la diversification. L'originalité de ces études est d'examiner l'effet de l'expérience olfactive précoce dans les conditions d'un apport alimentaire habituel.

Chemical senses
DOI: 10.1093/chemse/bjz011



Favoriser l'acceptabilité des odeurs
©INRAE [AdobeStock]

BRÈVE

Garantir la qualité des modèles de digestion *in vitro*

Pour étudier la digestion des aliments, de nombreux modèles *in vitro* ont été proposés. Souvent très divergents, ils rendent impossible la comparaison des résultats d'une étude à l'autre. Le réseau de recherche international INFOGEST, coordonné par l'Inra, qui regroupe plus de 420 chercheurs de 45 pays, propose des modèles harmonisés à l'échelle internationale. Utilisés sur tous les continents, ces différents modèles miment les conditions digestives des nouveau-nés, adultes sains ou séniors et représentent une alternative intéressante aux expérimentations animale et humaine pour l'étude de la digestion d'aliments.

Nature Protocols
DOI: 10.1038/s41596-018-0119-1

La qualité des aliments : des leviers de la production à la transformation

BRÈVE

Prédire la qualité organoleptique du chocolat à partir de la fève de cacao

Des scientifiques de l'Inra et des industriels du domaine du cacao ont fait de cette perspective un projet scientifique majeur à la faveur duquel ils montrent que les polyphénols de la fève de cacao permettent de séparer les chocolats qui en sont issus, en différentes classes sensorielles. Une collaboration et des résultats essentiels alors qu'aujourd'hui les processus de dégustation sont encore longs et onéreux.

Journal of Agricultural and Food Chemistry
DOI: 10.1021/acs.jafc.8b06456

Tomates
©INRAE

Le contrôle génétique de la qualité sensorielle des fruits de tomate

Le goût de la tomate a évolué suite à sa sélection et les consommateurs en sont aujourd'hui peu satisfaits. Pour comprendre le contrôle génétique de la qualité des fruits et pouvoir l'améliorer, une méta-analyse d'études d'association pangénomique (Genome-wide association study-GWAS) a été effectuée en combinant les informations issues de 775 variétés de tomates et plus de 2 millions de variations mineures du génome. L'analyse met en évidence 305 associations pour le contenu des fruits en sucres, acides, acides aminés et composés volatils liés aux arômes. En sélectionnant les combinaisons d'allèles pertinentes, il serait possible d'augmenter les teneurs en composés volatils contribuant positivement aux préférences des consommateurs tout en réduisant les composés défavorables. Cette étude montre également tout l'intérêt de disposer de données ouvertes et partagées qui permettent de réaliser des méta-analyses puissantes.

Nature Communication
DOI: 10.1038/s41467-019-09462-w

Un outil numérique de capitalisation du savoir-faire fromager

Les fromagers-affineurs, par leurs pratiques et leurs savoir-faire, savent s'adapter aux variations naturelles des caractéristiques des laits et des fromages. La transmission de ce savoir-faire reste souvent fragile et aléatoire, ce qui induit un risque pour cette filière. En s'appuyant sur un outil informatique de capitalisation et de mobilisation du savoir-faire fromager, recueilli à l'échelle de la filière, une équipe Inra propose une méthode numérique originale d'aide à la recommandation d'actions technologiques afin de corriger un défaut ou de maintenir la qualité d'un fromage dans un procédé de fabrication. Cet outil a vocation à être utilisé au quotidien et permet de prendre en compte les retours d'expérience afin d'enrichir et de faire évoluer la base de connaissances.

Computers and Electronics in Agriculture
DOI: 10.1016/j.compag.2019.05.052

Carrefour de l'innovation agronomique (CIAg) « Améliorer la qualité nutritionnelle des aliments »

Améliorer la qualité nutritionnelle des produits transformés a des effets significatifs sur la santé des populations. Sous l'impulsion des pouvoirs publics et des associations de consommateurs, c'est maintenant une préoccupation des entreprises agroalimentaires qui se traduit par des démarches de reformulation des produits existants ou le lancement de nouveaux produits améliorés sur le plan nutritionnel (contenant moins de sel, de sucre ou de matières grasses ou plus de fibres).
Néanmoins, les résultats des recherches présentées au CIAg en novembre 2019 tendent à montrer que les évolutions engagées au cours des dernières années restent d'ampleur modeste, en tout cas insuffisantes pour significativement impacter la qualité moyenne des consommations alimentaires. L'amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments n'est pas si simple et vient buter sur un certain nombre de difficultés technologiques (faisabilité, contraintes microbiologiques…) et/ou de contraintes d'acceptabilité des consommateurs (préférences sensorielles, dispositions à payer des produits reformulés …).
https://bit.ly/3dQ1tnh

Le microbiote intestinal, un atout santé

Rôle déterminant du microbiote intestinal sur la fonction du muscle squelettique

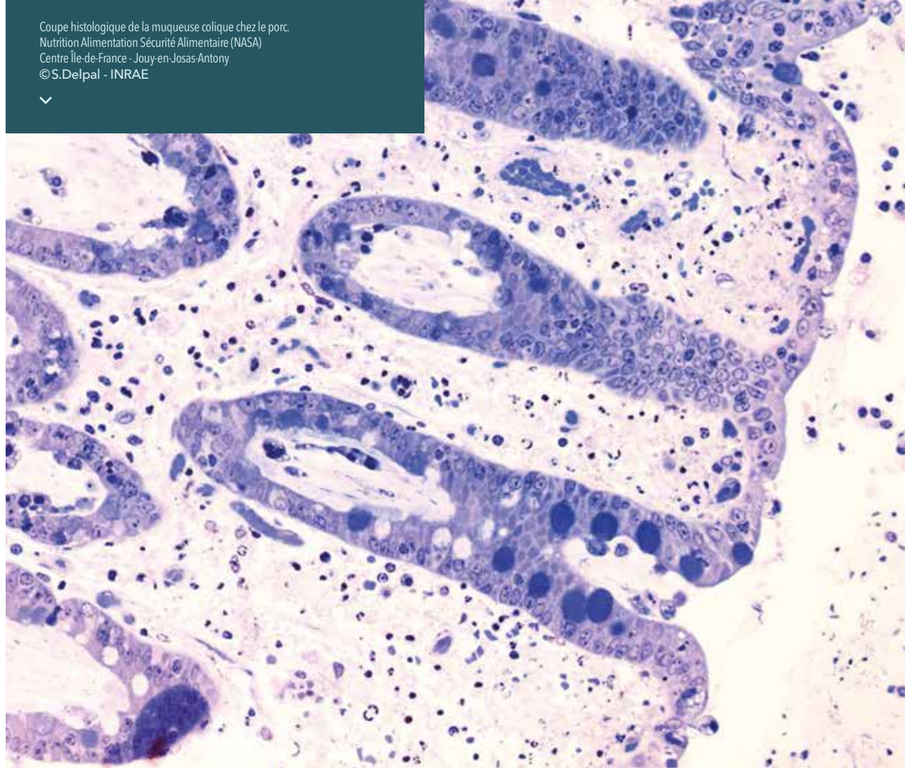
Les dysfonctions musculaires sévères (perte de masse, désordres métaboliques…) associées à des maladies telles que le cancer ou le diabète, mais qui se manifestent aussi chez les personnes âgées ou en situation d'hypoactivité, ont un impact considérable sur la santé et le bien-être des sujets. Afin de contrer ces altérations musculaires, il est important de mieux comprendre la physiologie musculaire, notamment en relation avec les autres organes. Le microbiote intestinal apparaît aujourd'hui comme un véritable organe riche et complexe avec de nouvelles fonctions émergentes. Une expérience menée chez la souris montre que des dysfonctions musculaires en absence de microbiote intestinal sont associées à un moindre stockage des réserves énergétiques musculaires de sucre sous forme de glycogène. Ces résultats ouvrent des perspectives de recherche prometteuses et indiquent que moduler la composition du microbiote intestinal par la nutrition pourrait contribuer à restaurer la fonction musculaire qui est altérée dans de nombreuses conditions pathologiques (désordres métaboliques : obésité, diabète ; maladies chroniques induisant une sédentarité : cancer) et physiologiques (vieillissement, sédentarité).
American Journal of Physiology Endocrinology Metabolism
DOI: 10.1152/ajpendo.00521.2018.

Impact du fer des produits carnés sur la barrière intestinale et la composition du microbiote

Des travaux antérieurs d'équipes Inra ont permis de mettre en évidence le rôle central du fer des produits carnés (fer héminique) dans l'association positive entre consommation de viande rouge ou de charcuteries et le risque de cancer colorectal. Une nouvelle étude, conduite chez le rat et sur un modèle cellulaire, apporte des réponses sur les mécanismes mis en œuvre. L'apport nutritionnel de fer héminique altère la barrière intestinale, induit une inflammation de bas grade et de la génotoxicité au niveau de la muqueuse colique. Ces effets sont associés à une forte perturbation du microbiote. Le régime alimentaire à base de fer héminique entraîne une augmentation du nombre de taxons bactériens décrits comme pathogènes opportunistes ou associés à l'inflammation et à la carcinogenèse colorectale.
Microbiome
DOI: 10.1186/s40168-019-0685-7

Modèles expérimentaux des interactions microorganismes-mucus pour une application en santé humaine

Le mucus qui recouvre l'épithélium de l'ensemble du tractus digestif humain est un composant essentiel de l'homéostasie intestinale. Des modifications dans la structure ou la fonction du mucus seraient associées à certaines pathologies digestives. Il est donc capital de mieux comprendre son rôle dans l'homéostasie intestinale pour mieux appréhender son importance en santé humaine. En partenariat avec des experts internationaux du domaine, des chercheurs de l'Inra ont réalisé une revue de la littérature et rassemblé les données les plus récentes sur les fonctions du mucus, son interaction avec les bactéries intestinales et son rôle en santé humaine, voire son implication dans différentes pathologies. De manière très originale, l'étude recense et compare l'ensemble des modèles *in vitro*, *ex vivo* et *in vivo* qui permettent l'étude des interactions entre microorganismes et mucus. Ces données permettent d'optimiser les systèmes digestifs *in vitro* développés qui offrent des possibilités diverses d'études d'interactions entre mucus/microorganismes/aliments dans des situations physiologiques ou pathologiques variées.
FEMS Microbiology Review
DOI: 10.1093/femsre/fuz013



Coupe histologique de la muqueuse colique chez le porc.
Nutrition Alimentation Sécurité Alimentaire (NASA)
Centre Île-de-France - Jouy-en-Josas-Antony
©S.Delpal - INRAE

BRÈVE

Maladies du foie : lancement d'un projet de recherche pan européen sur le microbiome

Vingt-deux institutions européennes, dont l'Inra et la société de biotechnologie Vaiomer, s'allient pour lutter contre les maladies du foie et les insuffisances du foie en phase terminale, grâce à des stratégies thérapeutiques personnalisées prenant en compte le microbiome. MICROB-PREDICT, projet de recherche financé par l'Union européenne, a été lancé en janvier 2019 à Barcelone.
microb-predict.eu/

MICROB-PREDICT

La préparation, le stockage et la gestion de transplants destinés au transfert de microbiote fécal

Le transfert de microbiote fécal (TMF), qui consiste à instiller une dilution de selles de donneurs sains vers le tube digestif de patients receveurs, s'est révélé très efficace pour éradiquer des infections chroniques récidivantes à *Clostridioides* et restaurer le microbiote et ses fonctions protectrices. D'autres pathologies sont potentiellement concernées par le TMF. Il est donc nécessaire de développer et standardiser un procédé de fabrication des transplants, jusque-là très empirique et non accessible à toutes les équipes médicales. Leur conservation et leur stockage sont également un enjeu. Une équipe interdisciplinaire s'est appuyée sur des méthodes de séquençage métagénomique et métabolomique pour mettre au point un processus standardisé et sécurisé de préparation de transplants pour TMF. Le processus s'appuie sur des analyses de diversité et d'activité microbiennes et des tests de viabilité en temps réel, aboutissant à des recommandations rigoureuses concernant la collecte, le délai de préparation du transplant, sa cryoconservation et sa revivification.
Nature Science Report
DOI: 10.1038/s41598-019-45173-4

.06

Faits marquants scientifiques >

Bioressources & bioéconomie /

La diversification des bioressources et de leurs usages est nécessaire pour répondre aux besoins alimentaires, à la production de matériaux, de molécules ou d'énergie dans un environnement contraint. Pour y répondre, le vivant reste encore à explorer, en même temps que se développent de nouvelles approches pour produire des molécules aux propriétés ciblées. En parallèle, l'économie des bioressources doit concilier des enjeux économiques et environnementaux. Les recherches conduites par l'Inra et Irstea visent à optimiser la valorisation des biodéchets et matières premières ainsi que leurs co-produits. Pour répondre à ces enjeux, les deux instituts mobilisent de nombreuses disciplines dans les domaines des sciences biologiques, de l'environnement, des procédés et des sciences économiques et sociales.

Optimiser les ressources pour une diversité d'usage

Conception d'une protéine stable par des méthodes de raisonnement automatique en intelligence artificielle

Les rôles des protéines dans tout le spectre du vivant sont très nombreux : catalyse, signalisation, transport... Si le catalogue des protéines naturelles est large, il ne contient pas toujours la protéine qui a toutes les propriétés désirables. Il est cependant possible de concevoir de nouvelles protéines aux propriétés ciblées. Un outil de raisonnement automatique Open Source, développé dans l'unité Inra de Mathématiques et Informatique Appliquées, a été utilisé en bio-informatique pour concevoir une protéine hyper-stable qui s'assemble seule à partir de plusieurs unités élémentaires. C'est le résultat d'un travail impliquant des collaborations avec la Belgique et le Japon et qui s'appuie sur des développements réalisés en particulier avec l'unité Mathématiques et Informatique Appliquées (MIAT). Différentes applications sur des protéines d'intérêt médical ou biotechnologique sont en cours.

International Union of Crystallography Journal
DOI : 10.1107/S205225251801480X

Des modèles pour prédire les fonctions métaboliques de communautés microbiennes complexes : application aux biotechnologies environnementales

Les microorganismes sont le principal moteur biogéochimique de la biosphère. Ils contribuent de façon majeure au bouclage des grands cycles élémentaires à l'échelle planétaire. Ils sont exploités pour leurs formidables capacités biocatalytiques dans de nombreux procédés biotechnologiques. Mieux comprendre et maîtriser l'utilisation des communautés microbiennes à des fins de biotransformation constitue un enjeu majeur pour le développement de la bioéconomie. Par exemple, lorsqu'un grand nombre de populations microbiennes est présent dans des conditions physico-chimiques données, les modèles mathématiques actuels ont une capacité limitée à prédire les populations qui vont devenir majoritaires et les fonctions métaboliques associées. Les auteurs de ces travaux ont émis l'hypothèse que les flux d'énergie jouent un rôle majeur pour la structuration des fonctions microbiennes dans les écosystèmes. Sur cette base, ils proposent des modèles permettant de prédire des fonctions métaboliques d'écosystèmes microbiens complexes. Ces travaux sont appliqués à des procédés d'épuration à boues activées des eaux usées.

ISME Journal
DOI : 10.1038/s41396-018-0272-0

Caractéristiques et enjeux de durabilité des systèmes bioéconomiques territoriaux

Le développement de la bioéconomie est au cœur de la transition écologique et énergétique. Or, les connaissances sur les caractéristiques des systèmes bioéconomiques dans les territoires et les enjeux de durabilité sont encore très limités. Ce constat restreint la capacité à concevoir des organisations territoriales de gestion durable des biomasses. Un travail interdisciplinaire décrit les spécificités des systèmes bioéconomiques territoriaux et les outils et méthodes d'évaluation et de modélisation intégrés nécessaires pour accompagner leur développement durable. Les chercheurs proposent un cadre d'analyse explicitant les caractéristiques et les enjeux de durabilité de systèmes de bioéconomie territorialisée. Ce modèle permettra de conduire une évaluation intégrée de scénarios de réorganisation des activités de gestion des biomasses dans les territoires vis-à-vis d'un ensemble de critères de durabilité (impact sur les ressources naturelles, émissions de GES, impact économique...).

Journal of Cleaner Production
DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.385

BRÈVE

> PARTENARIAT

Développement des filières d'énergies renouvelables : l'Inra et ENGIE engagent une collaboration

L'Inra, grâce à des approches interdisciplinaires et transdisciplinaires, a développé des compétences sur tous les sujets relatifs à la disponibilité de la ressource agricole ou forestière, à la conduite de la méthanisation, au bouclage des cycles du carbone et au métabolisme territorial dans une approche de bioéconomie. La collaboration avec ENGIE s'articule autour de trois thématiques : la disponibilité de la biomasse, incluant notamment les questions du développement des cultures intermédiaires à vocation énergétique, des impacts environnementaux, sociétaux et économiques pour le territoire ; la création de valeur économique et environnementale ; l'identification des meilleurs bassins de ressources sur le territoire français pour lancer les premières installations de pyrogazéification tout en optimisant le coût carbone de mobilisation de la ressource.

Stade de début de l'épiaison sur Sorgho biomasse
Domaine d'Estrées-Mons
Environnement et Agronomie - Lille
©M.Preudhomme - INRAE

Champignon de la pourriture blanche du bois du genre *Pycnoporus*. Institut de microbiologie de PEKIN
©Lin GUO – INRAE

Une aventure collective permet la découverte d'une famille de métalloprotéines chez les champignons

Un consortium international, piloté par l'Inra, vient d'identifier une nouvelle famille de métalloprotéines chez les champignons. Ces protéines ressemblent aux enzymes à cuivre dégradant la cellulose, découvertes en 2010 chez les bactéries et les champignons filamenteux. Les travaux de l'équipe sur l'activité biologique d'une de ces nouvelles métalloprotéines ont révélé que sa fonction semble avoir divergé vers des mécanismes liés à l'homéostasie du cuivre. En parallèle, une équipe aux États-Unis a découvert que cette protéine est impliquée dans le mécanisme de pathogénicité chez le champignon responsable de la méningite chez l'humain. Ces travaux ouvrent la voie à l'étude de processus biologiques essentiels.

Nature Chemical Biology

DOI: 10.15124/a034974e

ENTRETIEN AVEC

Bastien BISSARO

Unité Biodiversité et Biotechnologie Fongiques (BBF)
Centre Provence-Alpes-Côte d'Azur

La dégradation de la lignocellulose reste encore un enjeu pour développer l'usage de bioressources végétales alors que de nombreux travaux de recherche ont déjà permis des avancées sur ce point ces dernières années. Quelles sont les difficultés rencontrées ?

Extraire les briques élémentaires de biomasse végétale - constituée principalement de cellulose, mais pas uniquement ! - constitue en effet un enjeu majeur pour le développement de la bioéconomie. L'organisation de ces briques de base est très récalcitrante à la dégradation, c'est un atout majeur développé par les plantes pour se défendre, mais un défi pour nous ! Les champignons filamenteux ont eu des millions d'années de coévolution avec les plantes pour élaborer des stratégies de dégradation de la biomasse végétale. Nous avons donc beaucoup à apprendre des stratégies de ces champignons pour développer des procédés biotechnologiques efficaces. Les champignons filamenteux dégradeurs du bois sécrètent une multitude d'enzymes qu'il nous faut identifier et étudier en détail pour comprendre leur mode de fonctionnement et nous en inspirer pour créer ainsi des procédés bio-inspirés plus efficaces. En effet, cette dégradation dans la nature est un processus très long.

> Les champignons filamenteux ont eu des millions d'années de coévolution avec les plantes pour élaborer des stratégies de dégradation de la biomasse végétale

Quels sont vos principaux résultats dans ce domaine ?

En 2010, de nouvelles enzymes, les Lytic polysaccharide monooxygenases (LPMOs) ont été découvertes et ont révolutionné notre compréhension de la dégradation de la biomasse. Elles sont déjà utilisées dans des cocktails enzymatiques industriels. Lors de mon premier séjour postdoctoral, j'ai découvert que ces LPMOs n'agissaient pas selon le dogme établi, ce résultat avait des répercussions majeures sur notre façon de mettre en œuvre ces enzymes, en particulier dans les procédés de bioraffinerie et aussi dans notre compréhension du réseau enzymatique déployé par les champignons filamenteux.
L'ensemble de l'unité Biodiversité et Biotechnologie Fongique a été à l'origine de la découverte de plusieurs nouvelles familles de LPMOs. Nous sommes en train de nous apercevoir que le rôle des LPMOs pourrait aller bien au-delà de leur rôle initialement identifié dans la dégradation de la cellulose, avec des découvertes majeures à venir notamment dans les processus de pathogénicités.

Vous êtes un jeune chercheur, qu'est-ce qui vous a conduit sur le chemin de ces enzymes ?

La route vers le monde des oxydoréductases s'est d'abord dessinée grâce à l'octroi d'un contrat Jeune scientifique par l'Inra pour ma thèse de doctorat, suivi d'un post-doctorat. Ce soutien m'a permis de rejoindre un laboratoire sur les LPMOs en Norvège, qui m'a volontiers accueilli sur la base de ma curiosité pour cette famille d'enzymes. Le projet a ensuite été soutenu par le programme AgreenSkills porté par Agreenium. Ces opportunités, basées sur la confiance de l'institut, ont très clairement été un tremplin pour moi. C'est aussi pourquoi j'ai souhaité revenir en France, et en particulier à l'Inra.

PNAS

DOI : 10.1073/pnas.1904889117

.07

Préparer les priorités Recherche de demain /

Des **prospectives** scientifiques interdisciplinaires pour éclairer les sujets complexes

ENTRETIEN AVEC
Carole CARANTA
Directrice générale déléguée adjointe pour la Science et l'Innovation

Au cours de l'année 2019, l'Inra et Irstea ont défini un projet global d'établissement qui a conduit à la création de INRAE. Sur quelles ressources l'Institut s'appuie-t-il pour identifier les fronts de sciences à explorer ?
Dans l'objectif d'anticiper les nouveaux besoins de recherche, d'apporter un éclairage sur les futurs fronts de science et d'enrichir ses choix d'orientation et de développement des partenariats scientifiques, socio-économiques et de formation, l'Institut a conduit, sur la période 2017-2019, six prospectives scientifiques interdisciplinaires sur des sujets stratégiques et porteurs d'enjeux. En effet, la complexité, l'ampleur et le caractère souvent global des défis scientifiques et sociétaux nécessitent de questionner et d'intégrer des approches disciplinaires différentes pour produire des connaissances pertinentes.

Ces prospectives scientifiques interdisciplinaires ont mobilisé près de 250 scientifiques de l'Inra, mais également d'Irstea, ainsi que d'autres organismes (Inria, le CNRS et l'Inserm).
Les rapports de synthèse issus des travaux des groupes ont été soumis pour avis au Conseil scientifique de l'Institut. Au-delà de l'identification de défis et priorités scientifiques en réponse aux enjeux, ils proposent des actions pour accompagner la mise en œuvre des priorités et plus largement pour soutenir la stratégie de l'Institut sur ces thèmes : animations scientifiques pour fédérer les communautés et développer l'interdisciplinarité ; soutien à des projets de recherche innovants et à des infrastructures scientifiques ; développement des compétences ; mise en place de collaborations avec des partenaires académiques et socio-économiques ; rayonnement et attractivité de l'Institut ; liens avec l'expertise et l'appui aux politiques publiques...
Ces prospectives scientifiques interdisciplinaires serviront notamment pour l'élaboration de l'ambition scientifique à horizon 2030 d'INRAE, la mise en place des métaprogrammes 2e génération de l'Institut et alimenteront également les nouveaux schémas stratégiques des départements.

Vous avez conduit plus particulièrement la prospective sur les approches prédictives en biologie et écologie, quels sont les principaux messages à retenir dans ce domaine et quels enseignements sur la démarche elle-même ?

Les approches prédictives s'inscrivent dans des objectifs de compréhension fine des systèmes biologiques et écologiques, et aussi de prédiction de la réaction de ces systèmes qui sont à la fois complexes, dynamiques et incertains face aux changements. Ces approches sont étroitement liées au caractère de plus en plus interdisciplinaire de la science et à l'explosion du « big data » et des bouleversements induits par la transition numérique et l'intelligence artificielle.

Dans ce contexte, INRAE est face à différents enjeux en termes de recherches et de fronts de science à explorer, de données à acquérir et à exploiter et d'une nouvelle communauté scientifique à soutenir aux interfaces entre sciences du vivant et sciences formelles et à fédérer au plan international.

Pour conduire cette réflexion approfondie, des groupes de travail ont été constitués autour de sept thèmes, rassemblant près d'une centaine de scientifiques de la quasi-totalité des départements scientifiques de l'Inra, ainsi que des scientifiques d'organismes partenaires. Les thèmes couvrent toutes les échelles, depuis la compréhension des voies métaboliques jusqu'au comportement de l'individu dans son environnement, depuis le concept d'holobionte jusqu'à la prédiction des risques d'exposition aux composés ou aux microorganismes, des pratiques agricoles jusqu'à la consommation, des invasions biologiques jusqu'aux impacts écologiques des changements globaux... Le dernier thème, plus méthodologique, est transversal et ambitionne de répondre à des défis partagés ainsi qu'à leurs interfaces, dans les domaines de l'analyse et de la modélisation.

Suite à ce travail, un plan d'action a été adopté en mars 2019, avec pour objectif d'accompagner la mise en œuvre des priorités scientifiques identifiées, et plus globalement de soutenir la stratégie de INRAE dans le domaine des approches prédictives en biologie et écologie.

> La complexité, l'ampleur et le caractère souvent global des défis scientifiques et sociétaux nécessitent de questionner et d'intégrer des approches disciplinaires différentes pour produire des connaissances pertinentes

Les approches prédictives représentent aujourd'hui un pas essentiel dans l'acquisition des connaissances. INRAE s'empare de ce sujet majeur pour construire une véritable ambition collective. Les objectifs sont clairs en termes d'interdisciplinarité, d'ouverture partenariale, de transition numérique et de science ouverte. Une nouvelle communauté est à fédérer autour de programmes de recherche interdisciplinaires ambitieux, respectant un nécessaire équilibre entre les approches numériques et celles expérimentales, observationnelles ou analytiques. Enfin, ces approches prédictives en biologie et écologie interrogent également sur l'impact sociétal de ces recherches.

Les Six prospectives scientifiques interdisciplinaires

AGROÉCOLOGIE
Dans la suite de la réflexion initiée par l'Inra en 2011 pour donner toute sa place à l'agroécologie en tant que discipline scientifique, la prospective vise à approfondir certains thèmes à l'interface entre écologie et agronomie et en intégrant des dimensions socio-économiques et technologiques.

APPROCHES PRÉDICTIVES POUR LA BIOLOGIE ET L'ÉCOLOGIE
L'intérêt porté aux approches prédictives est consubstantiel d'une approche de plus en plus interdisciplinaire de la science. Ces approches s'inscrivent non seulement dans des objectifs de compréhension fine des systèmes biologiques et écologiques mais aussi de prédiction de la réaction de ces systèmes face aux changements.

SCIENCES POUR LES ÉLEVAGES DE DEMAIN
Afin de repenser la place et le rôle de l'élevage, la réflexion explore les futurs possibles en intégrant les différentes filières, les tendances de la consommation et les différents piliers de la durabilité.
Elle permet d'éclairer l'Institut sur les actions à mettre en œuvre pour développer une recherche ambitieuse, sur et pour l'élevage de demain, permettant de favoriser et accompagner les changements.

NEXUS « SANTÉ - ENVIRONNEMENT - AGRICULTURE - ALIMENTATION »
La prospective explore la complexité des interactions entre ces différentes dimensions et propose des orientations de recherche aux interfaces de questions économiques, sociales, environnementales et sanitaires au sein du système alimentaire.

BIOÉCONOMIE
La prospective propose une analyse sur des priorités en lien avec la production et la mobilisation durables de la biomasse, l'optimisation de sa transformation tout en limitant la génération de déchets, le bouclage des cycles du carbone, de l'azote et du phosphore, et l'anticipation, l'organisation et la gestion des flux dans un contexte d'incertitudes fortes.

GESTION DES RISQUES NATURELS, ENVIRONNEMENTAUX, SANITAIRES ET TECHNOLOGIQUES
L'objectif est de construire un cadre systémique partagé pour les connaissances et l'action, d'apporter des éléments de réponses à des questions sociétales, et de développer des approches intégrées pour mieux prévoir, prévenir et s'adapter à de multiples aléas, étudier leurs interactions et leurs impacts.

.08

La mobilisation de la science en appui aux politiques publiques /

Les questions de plus en plus complexes adressées à la décision publique dans les domaines de l'agriculture, de l'environnement ou de l'alimentation, créent de nouvelles attentes vis-à-vis de la recherche. L'appui aux politiques publiques et l'éclairage du débat public font explicitement partie des missions d'établissements publics de recherche finalisée que sont l'Inra et Irstea.

Cette activité prend différentes formes, expertise, prospective, études, élaboration d'outils d'aide à la décision...

QUELLE TRANSITION NUMÉRIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET LA RECHERCHE ?

La transition numérique bouleverse l'enseignement supérieur et la recherche (ESR) publics. Elle transforme les pratiques et les modes d'organisation, les relations entre les acteurs de l'écosystème de la recherche et de l'enseignement, et génère un sentiment d'accélération qui suscite diverses images du futur – redoutées, souhaitées ou fantasmées. L'Inra et Agreenium ont mené une prospective sur ces transitions sur leur périmètre thématique : agriculture, environnement, alimentation et santé animale. Les quatre scénarios développés décrivent des avenirs contrastés de l'ESR public à l'horizon 2040. Ils identifient les enjeux de la transition numérique et éclairent les orientations futures en termes de structuration, d'organisation, de priorisation et de ressources humaines. Chaque scénario envisage un contexte sociétal, économique et politique, l'organisation institutionnelle, les pratiques de recherche, celles d'enseignement supérieur et de formation, les données, les interactions entre ESR et société ainsi que les aspects éthiques et la culture du numérique.
https://bit.ly/2MKSmlO

LE POTENTIEL DE STOCKAGE DE CARBONE EN FRANCE

L'initiative « 4 pour 1000 sur les sols pour la sécurité alimentaire et le climat » a été lancée lors de la conférence des parties sur le changement climatique, organisée à Paris en 2015 (COP 21). Les sols qui contiennent le plus de carbone, c'est-à-dire de matière organique, sont les plus fertiles et retiennent mieux l'eau. L'initiative est ainsi favorable à l'environnement comme à l'agriculture et à la sécurité alimentaire mondiale. Dans ce contexte, l'Inra a conduit une étude, à la demande de l'Ademe et du ministère de l'Alimentation et de l'Agriculture, sur le potentiel de stockage de carbone dans les sols agricoles et forestiers en France métropolitaine. En mobilisant une méthodologie originale, l'étude a pu évaluer ce potentiel et en estimer le coût de mise en œuvre région par région, au regard d'un objectif d'incrément annuel de 4 pour 1000. Les résultats montrent l'importance de déployer des politiques publiques pour favoriser le maintien des prairies permanentes, des zones humides et des forêts, où les sols ont généralement des stocks de carbone élevés, ainsi que pour stopper l'artificialisation des sols.
Ils montrent aussi que le plus grand potentiel d'augmentation de la teneur en carbone des sols agricoles se trouve dans les zones de grandes cultures.
https://bit.ly/2XK2VlC

Érosion du trait de côte (Etretat)
© INRAE [AdobeStock]

LA MONTÉE DU NIVEAU DE LA MER, CONSÉQUENCES ET ANTICIPATIONS D'ICI 2100

L'alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi) publie les résultats d'une prospective pilotée notamment par des agents Inra et Irstea. Cette prospective propose des représentations contrastées des futurs possibles des zones littorales, en prenant comme cadre de réflexion quatre contextes physiques d'élévation du niveau de la mer : modéré, sérieux, grave ou extrême. Huit scénarios sont proposés de type « Adaptation littorale » globalement vertueux, ou « Déni » avec un refus d'agir à la hauteur des changements climatiques et environnementaux, ou « Monde fragmenté » selon la logique du « Chacun pour soi ». Ces huit scénarios montrent qu'une atténuation précoce et massive du changement climatique, qui suppose une action globale concertée, limiterait l'élévation du niveau de la mer et par conséquent les efforts d'adaptation littorale nécessaires qui relèvent, quant à eux, de politiques et d'actions régionales et locales.
https://bit.ly/37epEJC

Des outils d'aide à la décision

FOCUS

DES DONNÉES SUR LES SOLS À PARTAGER !

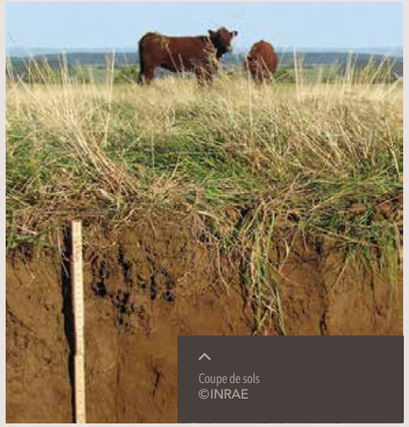
Les données issues du programme de cartographie et de caractérisation des sols, piloté par le Groupement d'intérêt scientifique Sol et coordonné par l'Inra, sont mises à disposition de tous au sein du Géoportail. Cette collaboration avec l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), organisme pilote du portail, permettra l'accès aux données avec une information sur les types de sols mais aussi sur les relais et contacts en régions pour accéder aux données. Par sa grande audience, ce portail permettra de toucher un public plus large, au-delà de la seule sphère professionnelle agricole, les données étant utilisables pour de nombreuses applications environnementales.
geoportail.gouv.fr/donnees/carte-des-sols

QUAND L'AGRICULTURE RENCONTRE LA QUALITÉ DE L'AIR, ENTRE RECHERCHE ET DÉCISION PUBLIQUE

Un ouvrage collectif, rassemblant les contributions de 50 auteurs, apporte un éclairage historique et social sur les relations entre agriculture et qualité de l'air en lien avec les changements globaux et l'évolution de l'activité agricole. Cet ouvrage fait également le point sur les méthodes et les outils d'évaluation. Il s'adresse aux acteurs des différents secteurs concernés : recherche agronomique et environnementale, développement agricole, décision publique et enseignement.
Agriculture et qualité de l'air
Editions QUAE, ISBN 978-2-7592-3009-9

GOUVERNER PAR LES MODÈLES, LA PRUDENCE EST NÉCESSAIRE

Plusieurs travaux de recherche posent la question de l'impact des modèles numériques et outils d'anticipation sur les politiques agricoles, alimentaires et environnementales.
Les nombreuses publications de chercheurs Inra associées à ces travaux mettent en discussion la façon dont ces instruments de quantification et d'anticipation, loin de simplement informer les décideurs, prédéfinissent les problèmes, les objets et les mesures d'action publique. Les choix d'apparence technique



Coupe de sols
©INRAE

de construction et de paramétrage des modèles portent en réalité des choix politiques et des positionnements concernant le bon usage des terres, les modèles de production agricole, l'importance de la déforestation et des pertes de biodiversité... C'est pourquoi, l'usage qui est fait des sorties des modèles en matière des choix politiques doit être analysé et replacé dans ce contexte.
Land Use Policy, numéro spécial, 25 octobre 2019
Science & Technology Studies, numéro spécial, 15 décembre 2019
Revue d'Anthropologie des Connaissances, 2019, Vol. 13, no. 4

DES APPROCHES EXPÉRIMENTALES POUR ENRICHIR LA PAC

Un numéro spécial de l'European Review of Agricultural Economics (ERAE), coordonné par deux chercheuses Inra et Irstea, fait la synthèse sur l'intérêt des approches expérimentales pour évaluer et améliorer la Politique agricole commune (PAC). Cette synthèse s'appuie sur les travaux du réseau de chercheurs européens, Research network on Economic Experiments for the Common Agricultural Policy (REECAP).
European Review of Agricultural Economics
DOI: 10.1093/erae/jbz024

ENTRETIEN AVEC
Jean-Paul DOUZALS
Unité Information Technologies Analyse environnementale Procédés agricoles (ITAP) du centre Occitanie-Montpellier

Votre activité de recherche porte sur les agroéquipements. Dans quel cadre êtes-vous sollicité pour des expertises ?
Les travaux de recherche, menés par l'équipe PEPS sur l'optimisation de la pulvérisation, ont permis aux autorités d'identifier les compétences scientifiques et techniques dans ce domaine. Cela a naturellement conduit à des sollicitations du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation pour mettre en œuvre et accompagner les évolutions réglementaires. Ainsi, depuis 2006, Irstea était cité dans un arrêté comme étant l'organisme d'expertise pour le compte du ministère chargé de l'Agriculture dans le domaine de la pulvérisation et notamment en vue de protéger l'environnement, que ce soit pour les zones aquatiques, les plantes et les cultures non cibles ou les opérateurs, et plus récemment, pour les riverains des zones d'épandage. Ainsi une soixantaine de matériels sont examinés chaque année en vue de leur inscription dans une liste à caractère réglementaire. Concrètement, il s'agit de vérifier l'adéquation de ces matériels aux fonctionnalités agronomiques mais également leur conformité aux exigences de réduction de la dérive de pulvérisation. Au-delà de ces expertises récurrentes, la réponse à des saisines plus spécifiques est possible.
Enfin, un dernier type d'activité consiste à élaborer des protocoles normés comme la participation à la conception de normes internationales ISO ou CEN, et de développer, grâce au partenariat avec l'Institut français de la vigne et du vin (IFV) à travers l'UMT Ecotech, une classification des appareils selon leur performance agroenvironnementale.

Répondre aux questionnements des pouvoirs publics oblige à agréger les briques de connaissances scientifiques partielles en un état de connaissance opérationnelle

Comment cette expertise nourrit-elle le questionnement scientifique ?
Il est plus facile de réaliser des recherches en pulvérisation au laboratoire, en conditions contrôlées, pour étudier l'atomisation du liquide ou simuler le transfert atmosphérique de produits pulvérisés en soufflerie. Répondre aux questionnements des pouvoirs publics oblige à agréger les briques de connaissances scientifiques partielles en un état de connaissance opérationnelle ou à dire d'expert, globalement généralisable et compatible avec un changement des pratiques des utilisateurs, pour répondre à un niveau supérieur d'enjeux agro-environnementaux. Cela peut passer par la création d'objets de recherche à l'échelle intermédiaire entre le laboratoire et le champ sous forme, par exemple, de végétations artificielles de vigne et de verger, ou d'un générateur de vent artificiel de 25m². Cette échelle est essentielle à la constitution rapide de bases de connaissances utiles d'une part, à la compréhension des phénomènes en supprimant la variabilité de l'architecture des plantes au champ et d'autre part, à l'appui pour des décisions publiques plus réactives.

Finalement, cette expertise s'exprime selon plusieurs dimensions ?
Cette expertise repose sur deux dimensions principales. La première dimension va du local à l'international, car les problématiques travaillées dans mon équipe sont identiques dans de nombreux pays et trouvent leur sens dans la production scientifique commune à travers des projets européens comme le H2020 OPTIMA, mais également sous forme de normes internationales. La deuxième dimension va du secteur public avec, par exemple, les formations européennes BTSF, au milieu industriel avec des collaborations sous forme de R&D partenariale avec les agroéquipementiers ou des adjuvantiers et un rôle éventuel de médiateur entre ces deux mondes notamment lors de l'évolution du contexte réglementaire.

.09

Partenariats et innovation /

Les partenariats académiques, nationaux et internationaux, sont au cœur de l'excellence et de l'impact des recherches de l'Inra et d'Irstea. Ceux-ci sont renforcés aujourd'hui par la politique de site, des projets internationaux ambitieux, un engagement dans la recherche participative et l'innovation avec l'ensemble des acteurs de la société (entreprises, agriculteurs, collectivités territoriales, associations…)

Une ouverture vers l'enseignement supérieur et un partenariat territorial renforcé

Photo aérienne du site Université Paris-Saclay Campus AGRO
©DRONEA

CONSOLIDATION DE LA POLITIQUE DE SITE

L'ordonnance de décembre 2018 sur la possibilité de création d'établissements publics expérimentaux (EPE) a entraîné des évolutions sur différents sites universitaires (communautés d'universités et établissements – ComUE). L'Inra suit attentivement ces évolutions afin de veiller à garantir la place de l'institut dans la définition des stratégies de recherche sur ces sites.

En particulier, les liens sont étroits avec l'**Université Paris-Saclay** qui évolue au 1er janvier 2020 en EPE, et avec laquelle l'Inra a signé une convention de partenariat en décembre 2019. Par ailleurs, le démarrage du chantier du futur Campus Agro Paris-Saclay en début d'année et la visite du site en construction par les ministres de tutelles le 1er octobre, concrétisent notre ambition commune avec AgroParisTech, qui devient établissement-composante de l'Université Paris-Saclay, pour les sciences du vivant et de l'environnement.

L'Inra continue ses démarches vis-à-vis des partenaires afin d'établir, partout où cela semble pertinent, des conventions de site : signatures (i) en mai avec l'**Université de Bourgogne**, AgroSup Dijon et la ComUE **Université Bourgogne-Franche-Comté** ; (ii) en juillet avec l'**Université de Lorraine**, le CNRS, l'Inria, l'Inserm et le Centre hospitalier régional universitaire (CHRU) de Nancy, confirmant le rôle du Comité de coordination et d'orientation scientifique de Lorraine (CCOSL) en place depuis 2007 ; (iii) en août avec l'**Université de Reims Champagne-Ardenne** et AgroParisTech, afin de poursuivre et amplifier notre partenariat dans le domaine de la bioéconomie.

L'INRA PARTICIPE À TROIS NOUVELLES ÉCOLES UNIVERSITAIRES DE RECHERCHE (EUR)

Ces nouvelles EUR sont, **BIOECO** et **TULIP**, portées par l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées et **IMPLANTEUS** portée par Avignon Université. Les résultats de ce 2e appel à projets, porte ainsi à neuf le nombre d'EUR dans lesquelles les chercheurs de l'institut sont investis.

L'INSTITUT ANCRE SA PRÉSENCE DANS LES DOMAINES MATHÉMATIQUES - INFORMATIQUE – MODÉLISATION INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Dans le cadre du programme interdisciplinaire d'intelligence artificielle, lancé par le gouvernement, l'Inra est impliqué dans deux **Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle** (3IA) sur les quatre retenus en avril 2019 : « ANITI », porté par l'Université fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées et « Côte d'Azur » porté par l'Université Côte d'Azur. L'Inra est mobilisé tant en recherches fondamentales qu'appliquées dans les secteurs de la smart agriculture, de l'environnement ou de la santé.

Intelligence articielle
© INRAE [AdobeStock]

Les chercheurs Inra impliqués dans des Masters internationaux

- **Infectious Diseases and One Health (IDOH)**
  Coordonné par l'unité INRAE-Université de Tours « Infectiologie et Santé publique » créé en 2016, a été de nouveau sélectionné pour être bénéficiaire d'un financement européen. 31 partenaires académiques et privés, présents sur tous les continents, participent au projet IDOH.
- **Global Quality in European Livestock Production (GLOQUA)**
  Co-accrédité par VetAgro Sup et l'Université Clermont Auvergne et organisé en partenariat avec Bordeaux Sciences Agro, l'Université de Lorraine/ENSAIA et Inra.
- **Biocontrol solutions for plant health (MSc BOOST)**
  Un nouveau diplôme international et pluridisciplinaire créé par l'Université Côte d'Azur, en collaboration avec Inra et le CNRS.

Recherches participatives aux différentes échelles

TEASER-LAB, UN DISPOSITIF TERRITORIAL QUI ACCOMPAGNE LA TRANSITION D'UN TERRITOIRE (MIRECOURT) VERS UNE AGRICULTURE ET UNE ALIMENTATION PLUS DURABLES, PENSÉES PAR ET POUR TOUS

Conçu comme un *Living Lab,* ce dispositif s'appuie depuis trois ans sur un écosystème d'acteurs divers, citoyens du territoire, qui portent le développement et la connexion de multiples initiatives comme des chantiers agricoles participatifs, la diversification des productions bios et locales. L'unité de recherche Inra ASTER de Mirecourt joue un rôle singulier et important dans cette dynamique : les qualités de cette dynamique ont été reconnues par la Fondation de France qui lui a décerné en 2019 un « Laurier » qui distingue « des acteurs d'une vie meilleure ».
https://bit.ly/3eZ2ny2

LE PROJET « CLÉS DE SOL »

Mal connus du grand public, les sols sont au carrefour de nombreux enjeux. Il est important de mobiliser largement la société pour une meilleure prise en compte de leur protection par les politiques publiques. La demande de connaissance des sols est souvent exprimée à l'échelle territoriale. La participation d'acteurs locaux à la production de données dans la durée est utile. Le projet « Clés de Sol » a pour objectif l'amélioration de la connaissance des sols et la diffusion de ces connaissances et

©INRAE

des enjeux. Le projet a été imaginé collectivement entre des partenaires académiques et de la société civile. Soutenu depuis le 1er janvier 2019 par la Fondation de France, il est co-piloté par l'Union Nationale des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement (UNCPIE) et l'Inra, avec comme partenaires Agro-Campus Ouest, le Laboratoire Tous chercheurs de Nancy, France Nature Environnement (FNE) et la Chambre régionale d'agriculture Grand Est.
https://bit.ly/37g1fmV

VIGIL'ENCRE : FACILITER LA MOBILISATION AUTOUR DE LA MALADIE DE L'ENCRE DU CHÂTAIGNIER

L'encre du châtaignier est actuellement le principal frein à la culture du châtaignier en France et en Europe. Des agents pathogènes racinaires (*Phytophthora cinnamomi, cambivora*), en sont responsables. Ils provoquent un dysfonctionnement hydrique des arbres. Les scientifiques de l'Inra ont développé une application mobile, Vigil'encre, disponible aujourd'hui sur les plateformes de téléchargement. Citoyens, gestionnaires de forêts ou arboriculteurs, chacun peut contribuer à la progression des connaissances en signalant les symptômes constatés sur les arbres et en envoyant des échantillons au laboratoire.
Ces données faciliteront la prise de décision de gestion du verger ou de la forêt.
ephytia.inra.fr

Dépérissement en forêt de châtaigniers dû au champignon *Phytophthora Cinnamomi.*
©X. Capdevielle - INRAE

BRÈVE

L'Inra et le réseau Civam* renouvellent leur collaboration

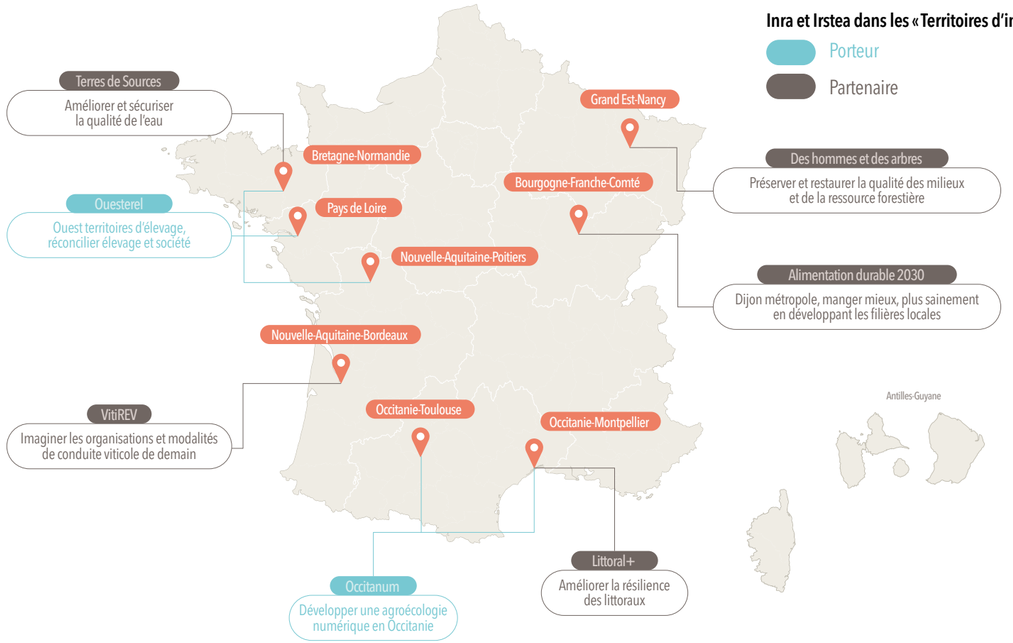
Dans le cadre du SIA 2019, Philippe Mauguin, PDG de l'Inra, et Jacques Morineau, Administrateur du Réseau Civam, ont signé un nouvel accord-cadre avec pour socle l'agroécologie. Deux thèmes principaux structurent la collaboration : l'analyse et le déploiement de systèmes agricoles et alimentaires agroécologiques qui mettent en œuvre une diversité de pratiques, de cultures, d'élevages, de modes de commercialisation, de fonctionnalités adaptées à leur territoire et à leur environnement social ; l'amélioration du partage et de l'hybridation des savoirs paysans et scientifiques.

** Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu Rural*

Innovation au cœur des territoires

INRA ET IRSTEA LAURÉATS DU PROGRAMME « TERRITOIRES D'INNOVATION » DU PIA3 S'ENGAGENT DANS DE NOUVEAUX DISPOSITIFS DE COLLABORATIONS MULTI-ACTEURS

Ces dispositifs matérialisent l'ambition des deux établissements en matière de recherches collaboratives et participatives. Ils ont vocation à encourager le potentiel d'innovation des acteurs territoriaux pour accompagner et accélérer les grandes transitions, notamment environnementales et agroécologiques, ils viennent nourrir les questions de recherche de l'Inra et Irstea.



ENTRETIEN AVEC
Véronique BELLON-MAUREL
Directrice adjointe du département Mathnum,
Directrice de l'Institut Convergences #DigitAg,
Coordinatrice du Territoire d'Innovation Occitanum

Occitanum, un territoire d'innovation pour l'agriculture numérique

En quoi le numérique appelle à penser autrement l'agriculture ?
Le numérique est une technologie « habilitante » (ou encapacitante) qui participe à la transformation de l'agriculture et de l'alimentation. Ce n'est pas le déclencheur de la transformation, ce n'est qu'un « assistant » qui accélère et facilite la transformation voulue par la société et en particulier la réduction des intrants… mais c'est un assistant indispensable au « passage à l'échelle » de pratiques plus respectueuses de l'environnement. Ainsi une pratique réalisable « manuellement » à une petite échelle (par exemple, la détection précoce des maladies) ne fonctionne plus - ou moins bien (par exemple, avec retard) - dès lors qu'on change d'échelle, et ce, y compris à des échelles de l'agriculture familiale. De manière synthétique, on peut dire que le numérique va aider la transition agroécologique en permettant la détection plus précoce des dysfonctionnements ou des préconisations bien adaptées - y compris en intra-parcellaire / intra-troupeaux - qui prennent en compte les conditions techniques et la stratégie de l'agriculteur. Il contribue aussi à une meilleure valorisation des produits par la transparence (traçabilité) sur les pratiques.

> L'hypothèse que nous faisons est que le numérique facilitera la transition vers l'agroécologie

Qu'est-ce qu'un Territoire d'Innovation ?
Les Territoires d'Innovation, soutenus par le Secrétariat Général Pour l'Innovation ont pour objectif de faire de l'innovation ouverte. C'est, dans un territoire donné, un laboratoire qui conjugue l'interaction entre une diversité d'acteurs et de savoirs (utilisateurs, agriculteurs, collectivités territoriales, fournisseurs d'équipements, chercheurs…) et la rigueur scientifique pour la mise en place de cette « recherche-action », et la capitalisation des données et des connaissances.

Quelles recherches au sein d'Occitanum ?
Occitanum signifie « Occitanie Agroécologie Numérique ». L'hypothèse que nous faisons est que le numérique facilitera la transition vers l'agroécologie, demandée par la société, mais aussi comme une réponse au changement climatique et la transition vers une alimentation de proximité, avec de nouveaux dispositifs logistiques. Nous mettrons cette hypothèse à l'épreuve dans 6 filières de production (élevage, grandes cultures, viticulture, arboriculture, maraîchage, apiculture) et les circuits de distribution. Au-delà, nous chercherons à construire de nouvelles connaissances en agroécologie à partir des données collectées et à comprendre les dynamiques d'innovation dans de tels dispositifs que sont les *living labs*.

START-UP

Sept créations issues des laboratoires Inra et Irstea

AgriOdor
Des solutions durables et innovantes pour protéger les grandes cultures en s'appuyant sur des attractifs olfactifs comme outil de biocontrôle.

Oleoinnov
Des outils biotechnologiques pour le développement de procédés durables et de produits composés de molécules biosourcées qui s'appuient sur le potentiel des champignons.

Nutrithéragène
(créée le juin 2019 ; Grand prix 2018 du concours i-Lab) : projet de biotechnologie pour le traitement du cancer.

Wetruf
Mise à disposition de la filière trufficole des innovations développées en laboratoire. Une expertise en biologie et biotechnologies des champignons qui accompagne les projets de trufficulture.

Aiova
Des solutions vaccinales innovantes pour les animaux d'élevage afin de renforcer et optimiser les réponses immunitaires des animaux vaccinés.

Sol & Co
Études et conseils pour une meilleure connaissance et préservation des sols et de leur biodiversité dans l'aménagement du territoire et des paysages.

Pollinova
Optimisation de la production de semences hybrides de céréales. Création adossée à une innovation qui améliore le transport de pollen d'une plante à l'autre et allège le travail des agriculteurs.

UMT

Quatre nouvelles Unités mixtes technologiques Inra labellisées consolident les partenariats de l'Inra avec les instituts techniques en agriculture et en agroalimentaire

SI BIO
Une première UMT 100% bio en partenariat avec l'Institut technique de l'Agriculture biologique pour accompagner le développement des systèmes horticoles biologiques.

Digiporc
Une UMT Inra-Institut français du Porc-Agrocampus qui propose des applications en élevage conçues à partir de données du numérique.

SC3D
Portée par l'Inra et l'Institut de l'Élevage, cette UMT vise à fournir aux éleveurs de chèvres et à la filière caprine des clés pour aller vers des conduites et des systèmes durables et plus résilients aux aléas.

Pactole
Cette UMT Terres Inovia-Inra-ENSAT-Université Toulouse III vise à produire des connaissances et des outils utiles à la diversification des systèmes de culture par les oléagineux et les légumineuses à graines. L'UMT s'inscrit dans un double enjeu d'adaptation au changement climatique et de transition agroécologique et nutritionnelle.

.010

Europe
et international /

Succès des équipes Inra et Irstea dans les appels à projets Horizon 2020

ENGAGEMENT INRA

La présence de l'Inra dans H2020 s'inscrit en grande partie dans le défi sociétal 2 « sécurité alimentaire, agriculture et foresterie durables, recherches marines, maritimes et sur les eaux continentales, et bioéconomie ».

- 4e bénéficiaire public français du programme H2020 avec 211 projets en réponse aux appels à projets H2020 depuis 2014.
- Un taux de succès de 17,7% supérieur à celui de la France (15,3%) et au taux de succès global du programme (12,1%).
- Pour l'année 2019, l'Inra est l'organisme qui recueille le montant le plus important de subvention au sein du défi 2.

ENGAGEMENT IRSTEA

Les projets Irstea retenus depuis 2014 émargent principalement dans le défi sociétal 5 « action climatique, environnement, efficacité des ressources et matières premières ».

- Un taux de succès de 16,7 % depuis le début du programme.
- Pour l'année 2019, un taux de succès de 23% (7 projets retenus).

AGREENSKILLS : 8 ANNÉES DE PROJETS EUROPÉENS DÉDIÉS À LA MOBILITÉ INTERNATIONALE DES CHERCHEURS

Le projet **AgreenSkills+** qui faisait suite au projet AgreenSkills a permis à l'Inra de coordonner un vaste programme européen de mobilité internationale de chercheurs post-doctorants de 2012 à 2019, financé pour moitié par le Programme MSCA CoFund, Actions Marie Sklodowska-Curie, Priorité Excellence scientifique des programmes FP7 et H2020.

Un séminaire à Bruxelles en avril 2019 a clos les huit années du projet. Il rassemblait des chercheurs post-doctorants et Alumni ainsi que les différents conseils scientifiques, de pilotage et d'éthique qui ont gouverné le programme. Comme tous les séminaires qui ont rythmé annuellement le programme depuis huit années, il a permis aux chercheurs de bénéficier de conférences sur des domaines aux fronts de science et sur des pratiques de recherche, notamment en matière de stratégie de publication de données, d'impacts et d'intégrité dans un contexte de Science ouverte.

Au final, le programme a permis la mobilité de 212 chercheurs (144 mobilités entrantes, 68 mobilités sortantes) qui ont irrigué de nombreuses unités de l'Inra et de ses partenaires par leurs compétences, leur dynamisme, et leurs projets de recherche. Le programme continue de rayonner par le recrutement des chercheurs post-doctorants à l'international, et en France, dans les laboratoires et infrastructures de l'Inra mais aussi d'autres organismes de recherche, et par des succès de chercheurs dans les programmes Marie Curie-Individual Fellowships et de l'Euopean Research Council (ERC).
www.agreenskills.eu/

L'INRA CONSOLIDE SON RÉSEAU DE LABORATOIRES INTERNATIONAUX ASSOCIÉS (LIA) AVEC LA CHINE, L'INDE, LE JAPON ET SINGAPOUR

- **Plantomix :** diversité et mélange de plantes pour la protection des cultures.
  Partenaires : Université agricole de Yunnan (YAU, Chine), le Cirad et Montpellier SupAgro en France.
- **FoodPrint :** génie des procédés agroalimentaires.
  Partenaires : Université de Soochow (Chine), AgroCampus Ouest (France).
- **Génomique et amélioration du blé**
  Académie chinoise des sciences agricoles (CAAS).
- **Bipi :** protection des plantes, interactions bactérie – plante – insecte pour le biocontrôle des maladies.
  Partenaire: Académie chinoise des sciences agricoles (CAAS).
- **GIMIC :** amélioration génétique des bovins et des buffles.
  Partenaire : BAIF Development Research Foundation (Inde).
- **FreQUenCE :** qualité des fruits dans des environnements sous contrainte.
  Partenaire : Université de Tustuka (Japon).
- **SynBioEco :** biologie synthétique et bioéconomie.
  Partenaires : National University Singapore et Agency for Science, Technology and Research (Singapour) ; INSA et CNRS en France.

LE RÉSEAU EURAQUA A CÉLÉBRÉ LES 25 ANS DE SA CRÉATION

Ce réseau regroupe aujourd'hui plus d'une vingtaine d'organismes publics de recherche européens. Irstea, qui assure le co-secrétariat d'EurAqua avec son partenaire Deltares (Pays-Bas), a organisé en juin 2019 à Bruxelles un événement afin de célébrer les 25 ans du réseau. Le réseau est bien identifié par la Commission européenne comme un acteur clé sur les questions d'eau douce en Europe. Devant plusieurs représentants d'institutions et d'initiatives européennes, le réseau a notamment présenté ses priorités thématiques dans le cadre de son Agenda stratégique.
www.euraqua.org

LA RECHERCHE AGRONOMIQUE FRANÇAISE ET LE GROUPE CONSULTATIF POUR LA RECHERCHE AGRICOLE INTERNATIONALE (CGIAR) RENFORCENT LEUR COLLABORATION AU SERVICE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DU CLIMAT

Les organismes de recherche français Inra, Cirad, Irstea, IRD, Agreenium et le CGIAR, ont convenu de renforcer leurs collaborations lors de la signature d'une déclaration commune en mai 2019. Au cœur de cette déclaration, la définition d'actions conjointes sur trois thématiques majeures : agriculture et changement climatique, agroécologie, nutrition et systèmes alimentaires durables. Ce renforcement des collaborations se concrétisera à travers des affectations croisées de chercheurs et d'experts, des ressources partagées, des participations conjointes à des programmes internationaux et des activités de renforcement des capacités.

.011

Anticiper et accompagner les évolutions /

Une modernisation des fonctions support intégrée au projet de fusion

L'appui à la recherche a été et est encore fortement mobilisé par la fusion. Les deux communautés de l'appui se sont associées pour poursuivre la modernisation engagée à l'Inra sur un périmètre élargi par l'intégration des activités d'Irstea. Résultat : l'ensemble des cibles initiales du plan de l'Inra est atteint sur une reconfiguration au nouveau périmètre d'INRAE, avec une belle reconnaissance pour la gestion des Ressources humaines.

Les grands jalons de l'année 2019 concernent tout d'abord l'ensemble des fonctions support mobilisées en gestion de projets pour réussir la fusion en temps et en heure. Ceci a demandé un effort de tous au niveau central et au niveau local dans les centres, effort poursuivi tout au long des prochaines années afin de confirmer la logique de modernisation que cette fusion a insufflée.
Les fonctions ressources humaines, systèmes d'information, mais aussi financières ou de prévention, ont été directement impactées. Leur professionnalisme a été exemplaire.

LA QUALITÉ DE VIE AU TRAVAIL, PILIER DE LA GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

Initié en 2018, le projet de baromètre Qualité de vie au travail a été adapté aux activités d'Irstea et intégré au processus de fusion pour un premier sondage au 2e trimestre 2019.
Avec un indice de 7/10 en moyenne pour les 48% de réponses rassemblés par les deux instituts, les résultats du baromètre sont satisfaisants tout en permettant d'identifier les points d'amélioration à travailler : le stress ressenti au travail, la conduite du changement, les besoins d'accompagnement, la transition numérique.

INRAE : PREMIER ORGANISME PUBLIC DE RECHERCHE LABELLISÉ DIVERSITÉ-ÉGALITÉ

En s'appuyant sur les données du rapport de 2018 sur l'égalité femme-homme au sein de l'Inra, un double plan d'actions a été mis en place dans le domaine de la parité et de la lutte contre les discriminations. Déployé sur quatre centres pilotes (IdF Versailles-Grignon, Occitanie-Montpellier, Val de Loire, Centre siège), il était axé sur la communication et la sensibilisation, la création d'un comité Diversité et d'une cellule d'écoute dédiée. Le processus de labellisation déroulé sur l'année a abouti en janvier 2020 à la double labellisation Diversité-Égalité de l'AFNOR (Label Alliance), il sera poursuivi notamment par le déploiement d'un réseau de référents et des actions portant sur 7 des 25 critères de discrimination dont le genre, le handicap, l'âge, la situation familiale, l'engagement syndical, l'origine et la religion.

HR EXCELLENCE IN RESEARCH

LABEL ÉGALITÉ

LABEL DIVERSITÉ

Cette politique RH globale s'est renforcée en 2019 en se dotant d'**un nouveau dispositif d'accompagnement des Directeurs d'Unité** pour leur prise de fonction pendant l'exercice de leur mission mais aussi pour les aider dans la préparation de leur départ. Ce dispositif a associé les directeurs de l'Inra et d'Irstea.

STRUCTURATION DE LA POLITIQUE D'INTÉGRITÉ D'INRAE.

Parallèlement au comité d'éthique partagé avec l'IRD, le Cirad et l'Ifremer, le nouvel INRAE s'est doté, dès sa création, d'une politique d'intégrité scientifique portée par une délégation à la déontologie, à l'intégrité scientifique et à l'éthique des projets de recherche et par un réseau de référents.

LE SYSTÈME D'INFORMATION DU NOUVEL INSTITUT

Si la création du nouvel établissement a représenté une charge exceptionnelle pour ses équipes, la Direction des systèmes informatiques (DSI) en a fait également une opportunité pour construire une nouvelle gouvernance.
Ainsi, la fusion a fortement sollicité les équipes SI en 2019 : adresse unique de messagerie en @inrae.fr, consolidation du SI de Gestion, paye opérationnelle pour tous les agents, et interface de l'ensemble des applications avec un annuaire unifié INRAE.

Pour répondre à ces différents chantiers, une nouvelle gouvernance, conjuguant coordination renforcée et décentralisation, a été mise en place.

Communication

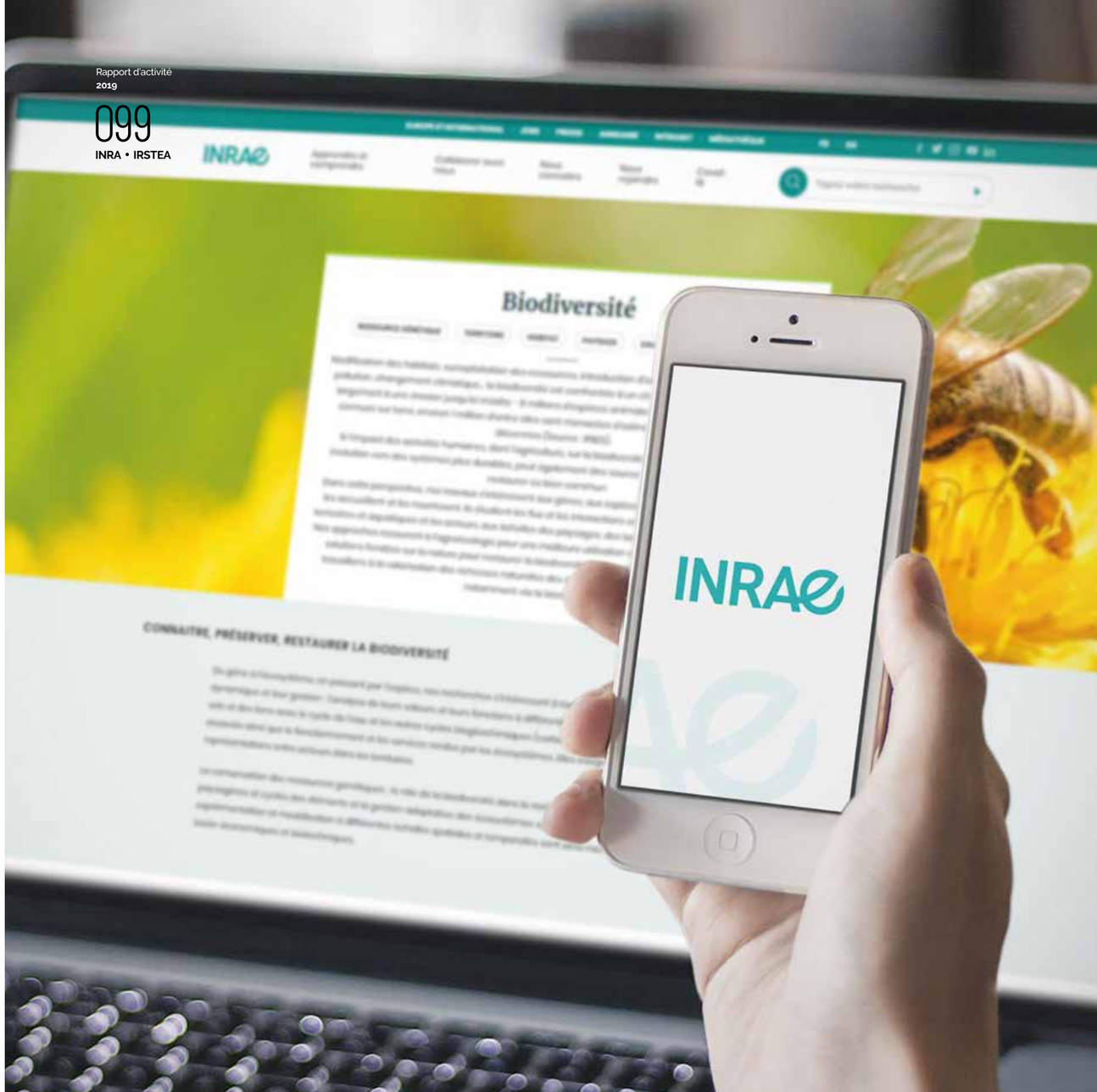
2019, une année double pour la communication

En parallèle de la communication pour la fusion, et en particulier pour l'accompagnement au changement, la création d'INRAE a consisté en trois projets majeurs : le futur site internet, un portail intranet fédérateur et l'identité visuelle d'INRAE.

Le site internet a bénéficié de la refonte du site de l'Inra, entamée en 2018, développé d'un point de vue « utilisateur » à partir des enjeux sociétaux et des grandes thématiques.

La communication interne, intense pour accompagner la fusion, s'est appuyée depuis juin 2019 sur un nouveau portail intranet visuel favorisant l'interactivité avec les agents.
Par ailleurs, 2019 a été aussi une année test pour le réseau social collaboratif d'entreprise Jamespot auprès de 350 agents avec l'ambition de le généraliser sur tout l'institut.

Enfin l'identité visuelle, révélée en septembre et complétée d'un film institutionnel en décembre, souligne le « e » d'INRAE qui symbolise « l'engagement de l'Inra en faveur de la transition agroécologique et des systèmes alimentaires durables tout en marquant les compétences apportées dans le secteur de l'environnement par Irstea » et la création d'une nouvelle communauté de travail forte de l'héritage des deux précédents instituts.



Un dialogue renforcé auprès de tous les publics

SIA – « COUP DE CŒUR » POUR LE STAND INRA AU SIA 2019

Pour la 56e édition du Salon international de l'agriculture (SIA), l'Inra choisit de raconter « la vie secrète des plantes et des animaux ». Grâce à la mobilisation de 350 chercheurs issus de 20 unités de recherche et aux animations du stand reconnu « coup de cœur » par les communicants du secteur, le public pouvait découvrir les interactions qui existent entre les plantes, les animaux, les microorganismes et les grands défis sur lesquels l'institut travaille. En parallèle, un colloque, une dizaine de conférences et, pour la première fois, des débats grand public, plaçaient les scientifiques au cœur des réflexions avec les professionnels comme avec les visiteurs.

LA RÉDUCTION DES INTRANTS AU CŒUR DES ÉCHANGES PROFESSIONNELS/CHERCHEURS AU SIMA

Au même moment à Villepinte, Irstea présentait au Salon international des solutions et technologies pour une agriculture performante et durable (SIMA), ses derniers résultats engageant de nombreux échanges avec les agriculteurs et les professionnels sur son stand « Agriculture de précision, agriculture durable ».

DE NOUVEAUX TERRITOIRES DE COMMUNICATION : DOCUMENTAIRE ET FESTIVAL

La communication s'est également investie sur de nouveaux territoires avec le film documentaire sur le microbiote « Les fabuleux pouvoirs du ventre » coproduit avec Arte et Yuzu Productions. Les Utopiales, Festival International de Science-Fiction, organisé en octobre à Nantes, a été également l'occasion d'aller vers un nouveau public passionné par les huit conférences et jeux proposés par les chercheurs de l'Inra.

Les prix et récompenses

Lauriers 2019

Créés en 2006 sous l'impulsion de Marion Guillou, les lauriers fêtaient cette année leur quatorzième et dernière édition dans le format Inra. Décernés par un jury présidé par Philippe Gillet, vice-président de l'Institut polytechnique de Lausanne et président du conseil scientifique de l'Inra, remis en présence de Frédérique Vidal, ministre de la l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et d'Isabelle Chmitelin, directrice de cabinet de Didier Guillaume, ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation, ils récompensaient des femmes, des hommes et une équipe aux parcours remarquables portés par les valeurs d'ouverture sur le monde et ses défis et de rigueur scientifique tournée vers l'innovation.

Le prix « Appui à la recherche » a été décerné à **Laetitia Lançon** et **Olivier Lalouette**. Assistante de direction au centre Inra Occitanie-Toulouse, Laetitia Lançon a été récompensée pour le formidable appui qu'elle apporte aux équipes scientifiques du Centre national de ressources génomiques végétales, créé en 2004 et devenu une référence mondiale. Administrateur du Centre des sciences du goût et de l'alimentation de l'Inra Bourgogne Franche-Comté, Olivier Lalouette est salué pour son talent et son énergie à simplifier la vie des chercheurs.

Le prix « Innovation pour la recherche » est revenu à **Pascal Neveu**, directeur d'unité au centre Inra Occitanie-Montpellier, pionnier en *big data*, pour ses travaux déterminants dans un contexte de recherches de plus en plus collaboratives avec des données dont le volume et la complexité croissent.

Le prix collectif « Impact de la recherche » est décerné à l'**équipe « Pomme de terre »** de l'Institut de génétique, environnement et protection des plantes du centre Inra Bretagne-Normandie. Des chercheurs de nombreuses disciplines et expérimentateurs au champ y collaborent depuis trente ans pour que la première culture vivrière au monde s'affranchisse des pesticides en créant des variétés résistantes, des outils de détection et des systèmes de culture innovants.

Le prix « Espoir scientifique » a récompensé le travail de **Guillaume Martin**, chargé de recherche du centre Inra Occitanie-Toulouse, dédié à la transition agroécologique pour l'élevage. À l'aide de jeux sérieux ou de démarches participatives, il explore, partage et agit avec les acteurs du secteur.

Engagé depuis 1993 sur la différenciation du sexe chez les poissons, **Yann Guiguen**, directeur de recherche du centre Inra Bretagne-Normandie a participé à la description de la fonction centrale du gène sdY chez les salmonidés. Il a reçu **le prix « Défi scientifique »** pour son action utile à l'aquaculture comme à l'étude des populations sauvages.

Le « Grand prix de la recherche agronomique », enfin, a récompensé cette année **Claire Chenu**, chercheuse au centre Inra Île-de-France - Versailles-Grignon et professeure à AgroParisTech. Auteure d'une approche innovante couplant microscopie et biogéochimie, elle révèle le rôle de l'organisation du sol dans la dynamique du carbone. Ambassadrice spéciale pour l'année internationale des sols en 2015, elle prend part à l'initiative « 4 pour 1000 » lancée lors de la COP21.

Les scientifiques Inra et Irstea distingués cette année

PRIX DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE

TROIS PARCOURS D'EXCELLENCE DISTINGUÉS

Trois directeurs de recherche reçoivent la médaille d'or. **Pascale CHAVATTE-PALMER**, directrice de recherche à l'Inra d'Île-de-France - Jouy-en-Josas, est récompensée pour ses recherches internationalement reconnues et porteuses d'innovation en physiopathologie fœto-placentaire et origines développementales de la santé et des maladies chez les animaux domestiques. **Fabienne TROLARD**, directrice de recherche à l'Inra PACA, est distinguée pour la découverte de la fougérite, minéral ferrifère caractéristique des sols hydromorphes à gley et pour le renouvellement de la connaissance du cycle biogéochimique du fer. La contribution au développement de la transcriptomique des plantes de **Jean-Pierre RENOU**, directeur de l'Institut de recherche en horticulture et semences (IRHS) à l'Inra Pays de la Loire, est saluée ainsi que ses qualités d'enseignant.

UNE MÉDAILLE ET DEUX PRIX SALUENT L'UTILITÉ DE TRAVAUX SCIENTIFIQUES À LA SOCIÉTÉ

Ingénieure à l'Inra d'Île-de-France - Versailles-Grignon, **Nathalie CHEVIRON** reçoit la médaille vermeil pour ses recherches en faveur du développement de bioindicateurs d'écotoxicité dans les sols. **Isabelle COUSIN**, directrice de l'unité Science du sol de l'Inra Val de Loire est distinguée par le Prix de la Fondation XAVIER-BERNARD pour ses recherches sur la structure des sols, leurs propriétés et leurs fonctions hydriques et leurs applications pour une gestion durable et efficiente de l'eau en production agricole. Ancien chercheur du centre Inra Occitanie-Montpellier, **Michel CHAUVET** reçoit le Prix Clément Jacquiot pour son ouvrage « L'Encyclopédie des plantes alimentaires ».

DES JEUNES CARRIÈRES ENCOURAGÉES

Les sept thèses récompensées par la médaille d'argent Dufrenoy de l'Académie avaient pour objet : L'évaluation multicritères multi-acteurs utilisant des simulations informatiques, **Sandrine ALLAIN**, de l'unité Agir (Agroécologie, innovation, territoires) Inra Occitanie – Toulouse : La dynamique du rouissage du chanvre industriel et sa modélisation sous environnement contrôlé pour une filière de production de fibres naturelles multi-usages, **Laurent BLEUZE**, de l'UMR Fractionnement des agroRessources et environnement (FARE), Inra Grand-Est Nancy : La transition forestière en France, associant statistiques, modélisation de la croissance des arbres et histoire environnementale, **Anaïs DENARDOU-TISSERAND**, de l'UMR Silva, Inra Grand-Est Nancy : Le métabolisme territorial de l'élevage français avec une approche de comptabilité environnementale, **Joao Pedro DOMINGUES**, de l'unité Sciences pour l'action et le développement : activités, produits, territoires (Sadapt), Inra Île-de-France Versailles-Grignon : La caractérisation fine, via des méthodes optimisées et à haut débit, de l'impact des polluants chimiques sur les milieux aquatiques, **Duarte GOUVEIA**, de l'unité RiverLy, Irstea Lyon-Villeurbanne : La mise en œuvre de l'agroécologie en milieu viticole, avec la conception de paysages agricoles multifonctionnels, permettant de concilier préservation de la biodiversité et maximisation des régulations naturelles, **Lucile MUNERET**, l'unité Santé et Agroécologie du Vignoble, Inra Nouvelle-Aquitaine Bordeaux : L'épidémiologie spatiale, avec la modélisation d'une maladie des plantes prenant en compte la géographie de l'épidémie, **Coralie PICARD**, de l'UMR Biologie et génétique des interactions plante-parasite (BGPI), Inra Occitanie-Montpellier.

THOMAS SCHIEX REÇOIT LE AAAI FELLOWS, POUR SA CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Directeur de recherche au centre Occitanie-Toulouse, **Thomas Schiex** mène des travaux en intelligence artificielle (IA) et en bioinformatique depuis près de quarante ans. Père, avec ses collègues du logiciel OpenSource Toulbar, il repousse les frontières de l'IA et mobilise ses développements au service de la biologie et de l'agronomie pour, par exemple, l'analyse de données génétiques massives, le décryptage de génomes de plantes et de bactéries, la conception assistée de vergers-maraîchers, la conception de nouvelles protéines. Avec ce prix, l'Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) récompense l'ensemble de ses travaux.

VÉRONIQUE BELLON-MAUREL, GRAND PRIX IMT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Directrice du département Écotechnologies d'Irstea et directrice de l'Institut convergences Agriculture numérique #DigitAg, agronome, docteure en génie des procédés, **Véronique Bellon-Maurel** est saluée pour un parcours qui l'a menée de la caractérisation des produits et objets par spectrométrie infra-rouge à l'évaluation environnementale territoriale et aujourd'hui au développement de l'agriculture numérique pour une agriculture performante et écologique.

Instances Inra et Irstea

Composition du Conseil d'Administration de l'Inra

(au 31 décembre 2019)

Président
Philippe MAUGUIN

Représentants de l'Etat
- Philippe VINÇON, Directeur général de l'enseignement et de la recherche, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
- Serge LHERMITTE, Chef du service compétitivité et performance environnementale, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
- Vincent MOTYKA, Chef du service de la Performance, du financement et de la contractualisation avec les organismes de recherche, Direction générale de la recherche et de l'innovation, Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
- Marie-Hélène TUSSEAU-VUILLEMIN, Cheffe du secteur sciences de l'environnement et de l'univers, agronomie, écologie, sciences du système Terre, Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
- Thomas COLIN, Chef du bureau de la recherche et de l'enseignement supérieur (3 MIRES), Ministère de l'Action et des Comptes publics
- Marie-Hélène JOUIN-MOULINE, Adjointe à la cheffe du bureau des biens de consommation, des industries agro-alimentaires et du design, Ministère de l'Economie et des finances
- Annick BIOLLEY-COORNAERT, Sous-directrice des produits alimentaires et marchés agricoles et alimentaires, Ministère de l'Economie et des finances
- Laurent BERGEOT, Chef de service de la recherche, CGDD / DRI, Ministère de la Transition écologique et solidaire
- Carole ROUSSE, Cheffe du bureau de l'alimentation et de la nutrition, Ministère des Solidarités et de la Santé

Président du Conseil scientifique de l'Inra
Philippe GILLET, Professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne

Directeur d'établissement d'enseignement supérieur (art. L. 812-3 du code rural et de la pêche maritime) :
Anne-Lucie WACK, Directrice générale de Montpellier SupAgro

Membres du secteur de la production, du développement et de la coopération agricole
- Daniel PRIEUR, Secrétaire Général Adjoint de la FNSEA
- Sébastien WINDSOR, Président de la Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie
- Anne WAGNER, Directrice R&D de TEREOS
- Nicolas BACHELET, Administrateur national, Jeunes Agriculteurs
- Pierre GUEZ, Directeur Général de BJCLP Expert agricole et agroalimentaire
- Stéphane VIEBAN, Directeur Général de la coopérative Alliance Forêt bois

Membres représentant respectivement les salariés du secteur agricole et du secteur agroalimentaire désignés sur proposition des confédérations les plus représentatives
- Jocelyne HACQUEMAND, Secrétaire fédérale FNAF-CGT
- Betty HERVÉ, Secrétaire nationale FGTA-CFDT

Membre appartenant aux associations agréées de protection de l'environnement (article L. 141-1 du code de l'environnement) :
François LETOURNEUX, Président d'Honneur du Comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature

Membre appartenant aux associations agréées de défense des consommateurs (article L. 441-1 du code de la consommation) :
Marie-Claude FOURRIER, Responsable du bureau consommation, Association nationale de défense des consommateurs et usagers

Représentants élus du personnel de l'établissement :
Julie WOHLFAHRT, CFDT – INRA ; Elisabeth TABONE, CFDT – INRA
Patrick LEMAIRE, CFDT - INRA Dominique DESBOIS, CFDT - INRA
Pascale MAILLARD, CGT – INRA Laurence ARTIGE, CGT – INRA
Eric LATRILLE, CGT – INRA Michel BERTRAND, CGT – INRA
Fanny GUYOMARC'H, SUD Recherche EPST - Bernard ROLLAND, SUD Recherche EPST

Composition du Conseil d'Administration d'Irstea

(au 31 décembre 2019)

Représentants Irstea
- Marc MICHEL, Président d'Irstea
- Patrick FLAMMARION, Directeur général délégué à la recherche et à l'innovation
- Pierre-Yves SAINT, Conseiller en charge de la modernisation et du pilotage
- Laurence EYMARD, Présidente du Conseil Scientifique et Technique

Représentants élus du personnel
Titulaires
- Marina COQUERY, SUD - Recherche - EPST
- Fabrice GUIZIOU, SUD - Recherche - EPST
- Françoise VERNIER, Force Ouvrière
- Lynda AISSANÏ, CGT

Suppléants
- Jean-Marc LE BARS, SUD - Recherche - EPST
- Baptiste HAUTDIDIER, SUD - Recherche - EPST
- François TRINQUET, Force Ouvrière
- Serge GUILLAUME, CGT

Représentants Etat
Recherche
Vincent MOTYKA, Chef de service Performance, financement, contractualisation avec les organismes de recherche
Budget
Nicolas HENGY, Chef du bureau de la recherche et de l'enseignement supérieur
Agriculture
Valérie BADUEL, DG Adjointe DGER
Industrie
Robert DJELLAL, Chef de bureau des écoindustries et du développement industriel durable
Environnement
Thierry COURTINE, Directeur adjoint de la recherche et de l'innovation

Personnalités qualifiées
Représentant des organismes de recherche
- Pascale MARGOT-ROUGERIE, Directrice générale adjointe d'AgroParisTech
- Hélène JACQUOT-GUIMBAL, Directrice générale de l'IFSTTAR
- Michèle ROUSSEAU, Présidente Directrice générale du BRGM

Scientifiques et techniques
- Corinne BOREL, Directrice déléguée
- Marie-Odile HOMETTE, Déléguée générale
- Emmanuelle BOUR-POITRINAL, Présidente de la section «Forêt-Eau-Territoires» du CGAAER

Économique et social
- Michel MASSON, ancien Président Chambre Agriculture Loiret, président de la Commission d'orientation Agroéquipement
- François ENGUEHARD, Directeur des centres de Recherche, VEOLIA
- Bruno GENTY, Président d'honneur FNE

Élu
Michel CAFFIN, Conseiller régional IDF, Président commission Agriculture au CR IDF

Contrôleur financier
Béatrice AVOT, Contrôleur général au Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et de l'Innovation – DAF

Composition du Conseil scientifique de l'Inra

(au 31 décembre 2019)

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

Membres de droit
- Philippe MAUGUIN, président-directeur général de l'Inra
- Christine CHERBUT, directrice générale déléguée aux affaires scientifiques de l'Inra
- Philippe VINÇON, directeur général de recherche, de l'innovation et des coopérations internationales, ministère de l'agriculture et de l'alimentation
- Représentante : Marion BARDY, cheffe du bureau finalisation de la recherche, sous-direction de l'innovation, ministère de l'agriculture et de l'alimentation
- Anne-Sophie BARTHEZ, directrice générale pour l'enseignement supérieur et l'insertion professionnelle, ministère de l'enseignement supérieur, de la Recherche, et de l'innovation
- Bernard LARROUTUROU, directeur général pour la recherche et l'innovation, ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation

Membres nommés
- Daniel BARTHELEMY, directeur scientifique du département Bios du CIRAD
- Sylvie BAUDINO-CAISSARD, directrice du laboratoire biotechnologies végétales, université de Saint-Etienne
- Nozha BOUJEMAA, directrice de l'institut Convergence DATAIA
- Dominique BUREAU, délégué général, Conseil économique pour le Développement durable (CEDD)
- Gérard DENARIAZ, directeur partenariats stratégiques et prospectives, Danone Nutricia Research
- Krotoum KONATE, directrice de l'Institut de l'Alimentation Bio
- Philippe LECOUVEY, directeur général émérite de l'Acta
- Annick MERCENIER, anciennement directrice de la recherche à Nestlé, CIO de Nutrileads
- Marie-Laure NAVAS, professeure d'écologie, Montpellier SupAgro,
- Gilles PINAY, Directeur d'unité, Irstea
- John R PORTER, professeur du Département de l'Agriculture et de l'Écologie, Faculté des Sciences de la vie, Université de Copenhague
- Anne VARET, directrice Recherche & Prospective, Ademe

Membres Inra élus

Secteur 1 : Environnement et Agronomie, Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques
- Philippe ROZENBERG, Unité de recherche AGPF, Inra Val de Loire
- Jean-Philippe STEYER, LBE, Inra Occitanie-Montpellier

Secteur 2 : Santé des plantes et environnement
- Didier ANDRIVON, UMR 1349 Génétique, Environnement, Plantes, Inra Bretagne-Normandie,
- Thierry CANDRESSE, UMR1332 Biologie du Fruit et Pathologie, Inra Bordeaux Aquitaine

Secteur 3 : Génétique et amélioration des plantes, Biologie végétale, Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences
- Juliette SALVAING, Laboratoire de Physiologie Cellulaire Végétale CEA Grenoble, Inra Auvergne Rhône-Alpes
- Denis LECLERCQ, Unité Expérimentale GEVES de Lusignan, Inra Poitou-Charentes

Secteur 4 : Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture
- Jean-Michel SALMON, Inra Montpellier, Unité Expérimentale de Pech Rouge, Inra Occitanie-Montpellier
- Veronique PLANCHOT, Site de la Géraudière, Inra Pays de la Loire

Secteur 5 : Physiologie animale et systèmes d'élevage
- Davi SAVIETTO, UMR1388 GenPhySE, Inra Occitanie-Toulouse
- Eliel GONZALES GARCIA, Unité SELMET, Inra Occitanie-Montpellier

Secteur 6 : Santé animale, Génétique animale
- Claire ROGEL-GAILLARD (DR2), directrice d'unité de la structure Génétique Animale et Biologie Intégrative, Inra Ile-de-France Jouy-en-Josas,
- Isabelle OSWALD, UMR ToxAlim, Inra OccitanieToulouse

Secteur 7 : Alimentation humaine, Microbiologie et chaîne alimentaire
- Jean-Paul LALLES, Département AlimH, Inra Auvergne Rhone-Alpes
- Emmanuelle MAGUIN, Unité Micalis, Inra Ile-de-France Jouy-en-Josas

Secteur 8 : Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement ; Mathématiques et informatique appliquées ; Sciences pour l'action et le développement
Vincent MARTINET, UMR ECO-PUB, Inra Ile-de-France Versailles-Grignon

Secteur 9 : Services d'appui à la recherche, Administration centrale, Documentation et publications, Informatique
- Christine CHARLOT, Services Déconcentrés d'Appui à la Recherche, Inra Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux
- Sandra ARRAULT, Direction des ressources humaines - développement durable, Inra Centre siège

Observateurs syndicaux
- CFDT – Inra : Dominique DESBOIS
- CFTC – Inra : non désigné
- CGT - Inra : Jean-Louis DURAND
- Sud-Recherche EPST : Isabelle GOLDRINGER

Composition du Conseil scientifique d'Irstea

(au 31 décembre 2019)

Présidente
Laurence EYMARD, OSU Ecce Terra et LOCEAN

Membres extérieurs
- Valérie ARCHAMBAULT, Directrice adjointe de la recherche en charge des partenariats industriels, Mines ParisTech
- Arnaud NICOLAS, directeur de l'institut national des sciences de l'univers (CNRS INSU)
- Gudrun BORNETTE, Directrice de recherche à l'UMR CNRS 6249
- Bénédicte BUCHER, cheffe du service de la recherche à l'IGN
- Marianne CERF, directrice de recherche à l'unité Sciences en Société et directrice adjointe du Département Sciences pour l'Action et le Développement
- Jérôme CHAVE, Directeur adjoint du laboratoire Evolution et diversité biologique (ledb) du CNRS/UPS
- Michel DIMOU, Directeur du Laboratoire d'Economie Appliquée au Développement (LEAD) à l'Université de Toulon
- Pierre FRANCKHAUSER, Professeur de géographie à l'Université de Franche-Comté
- Gilles GRANDJEAN, directeur de programme au BRGM
- Corinne LEYVAL, directrice de recherche au LIEC CNRS Université de Lorraine
- Valérie MAZZA, Directrice scientifique de Limagrain
- Etienne PAUL, LISBP INSA Toulouse
- Julie RUIZ, Université du Québec à Trois Rivières
- Eric SERVAT, IRD, directeur de l'institut Montpelliérain de l'eau et de l'environnement (IM2E)

Représentants des tutelles

- Marion BARDY, cheffe de bureau de la finalisation de la recherche, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation
- Laurent BELANGER, adjoint à la sous-direction de l'animation scientifique et technique du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
- Marie-Hélène TUSSEAU-VUILLEMIN, Cheffe du secteur sciences de l'environnement et de l'univers, agronomie, écologie, sciences du système Terre, Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Représentants du personnel

L'Appui à la recherche

- Marie-Hélène THIVET,responsable achats du centre d'Antony
- Corinne LE ROY, direction des affaires financières et achats, acheteuse

Le département Eaux

- Evelyne TALES, ingénieure de recherche, Unité Hycar, Irstea Antony
- Vazken ANDREASSIAN, Directeur de l'Unité Hycar, Irstea Antony
- Cécile MIEGE, Directrice adjointe de l'Unité Riverly, Irstea Lyon-Villeurbanne
- Soizic MORIN, chargée de recherche de l'unité EABX, Irstea Bordeaux

Le département Écotechnologies

- Marie-Line DAUMER, ingénieure de recherche, Unité OPAALE, Irstea Rennes
- Laurence FOURNAISON, directrice de recherche, unité FRISE, Irstea Antony
- Sonia GRIMBUHLER, ingénieure de recherche, UMR ITAP, Irstea Montpellier
- Sylvain MOREAU, animateur Pôle expérimentation, unité PROSE, Irstea Antony

Le département Territoires

- Thomas SPIEGELBERGER, directeur de l'unité LESSEM, Irstea Grenoble
- Yoan PAILLET, assistant ingénieur de recherche, unité LESSEM, Irstea Grenoble
- Tina RAMBOLINAZA, directrice de recherche, unité ETBX, Irstea Bordeaux
- Christophe BOSCHET, ingénieur de recherche, unité ETBX, Irstea Bordeaux

Le Comité d'Ethique Inra-Cirad-Ifremer

(au 31 décembre 2019)

Axel KAHN
Président du Comité d'éthique. Directeur de recherche à l'Inserm.

Michel BADRÉ
Vice-président du Comité d'éthique. Membre du Conseil économique, social et environnemental, au titre du groupe des associations environnementales.

Madeleine AKRICH
Directrice de recherche à l'École des Mines de Paris (Centre de sociologie de l'innovation).

Bernadette BENSAUDE-VINCENT
Professeure émérite à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Jean-Louis BRESSON
Médecin nutritionniste, professeur des universités, fondateur du Centre d'investigation clinique Necker-Cochin.

Céline BOUDET
Coordinatrice scientifique à l'Inéris.

Mireille DOSSO
Directrice de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire.

Françoise GAILL
Directrice de recherche CNRS, chargée de mission auprès de la direction générale du CNRS.

Stéphanie LACOUR
Directrice de recherche CNRS, Directrice adjointe de l'Institut des Sciences Sociales du Politique - ENS Paris-Saclay. Directrice du GDR « Normes, Sciences et Techniques » du CNRS.

Lyne LÉTOURNEAU
Professeure au sein du Département des sciences animales à l'Université Laval de Québec.

Marie-Geneviève PINSART
Philosophe, professeure à l'Université Libre de Bruxelles.

Pere PUIGDOMENECH
Professeur de recherche au CSIC (Conseil supérieur de la recherche scientifique en Espagne) au sein de l'Institut de Biologie Moléculaire de Barcelone

Michel SAUQUET
Enseignant spécialisé dans les questions interculturelles.

Hervé THÉRY
Géographe, professeur associé à l'Université de Sao Paulo (Brésil)

Secrétariat commun

Inra
Christine CHARLOT, secrétaire générale, avec l'appui de Nathalie HERMET

Cirad
Philippe FELDMANN,
Marie DE LATTRE-GASQUET

Ifremer
Philippe GOULLETQUER

IRD
Chloé DESMOTS

Chiffres Clés Inra & Irstea 2019

Effectifs RH 2019

Inra

7497 Agents titulaires (ETPT)
dont 3686 hommes et 3811 femmes

50,8% 49,2%

1833 chercheurs
2605 ingénieurs et assistants ingénieurs
3059 techniciens

2484 Contractuels (ETP)

570 doctorants
dont 139 doctorants étrangers
69 postdoc
dont 51 postdoc étrangers
2280 stagiaires
dont 338 stagiaires étrangers

Irstea

844 Agents titulaires (ETPT)
dont 485 hommes et 359 femmes

42,6% 57,4%

157 chercheurs
560 ingénieurs et assistants ingénieurs
127 techniciens

327 Contractuels (ETP)

141 doctorants
dont 49 doctorants étrangers
7 postdoc
dont 3 postdoc étrangers
279 stagiaires
dont 60 stagiaires étrangers

Budget 2019

Inra

Ressources
899,8 millions d'€

Subvention pour charge de service public
706,5 M€

Ressources propres contractuelles et non contractuelles
193,3 M€

Ressources propres contractuelles 132,8 M€
- ANR 28,5 M€
- PIA 15,3 M€
- Autres établissements publics 6,9 M€
- Collectivités locales 21,9 M€
- Europe 22,9 M€
- Ministères 7,3 M€
- Organismes de rech. et d'enseignement supérieur 5,0 M€
- Partenaires économiques agricoles et industriels 24,9 M€

Ressources propres non contractuelles 60,5 M€
- Subventions affectées 4,0 M€
- Dons et legs 0,1 M€
- Redevances pour brevets, licences 6,0 M€
- Prestations de service 16,4 M€
- Ventes de produits 17,1 M€
- Autres subventions 2,4 M€
- Autres produits de gestion courante 6,1 M€
- Produits financiers et exceptionnels 8,4 M€

Irstea

Ressources
109 millions d'€

Subvention pour charge de service public
83,6 M€

Ressources propres contractuelles et non contractuelles
25,4 M€

Ressources propres contractuelles 21,4 M€
- ANR 3,3 M€
- PIA 1,2 M€
- Autres établissements publics 1,8 M€
- Collectivités locales 1,7 M€
- Europe 1,8 M€
- Ministères 4,0 M€
- Organismes de rech. et d'enseignement supérieur 1,2 M€
- Partenaires économiques agricoles et industriels 6,4 M€

Ressources propres non contractuelles 4,0 M€
- Subventions affectées 0,0 M€
- Dons et legs 0,0 M€
- Redevances pour brevets, licences 1,0 M€
- Prestations de service 2,2 M€
- Ventes de produits 0,2 M€
- Autres subventions 0,1 M€
- Autres produits de gestion courante 0,5 M€
- Produits financiers et exceptionnels 0,0 M€

Partenariats & innovation

	Inra	Irstea
Partenariats socio-économiques		
Nouveaux contrats de partenariats avec des acteurs socio-économiques	319	57
Recettes de contrats de recherche avec les partenaires socio-économiques	24,9 M€	3,8 M€
Nombre de dispositifs de partenariats avec des partenaires socio-économiques	**27** Unités Mixtes Technologiques (UMT), **4** Carnot, **4** Labcom	**1** Carnot **1** Labcom
Propriété intellectuelle		
Déclarations d'invention et de résultats valorisables	130	18
Demandes de brevets déposées	33	5
Familles de brevet en portefeuille	333	88
Demandes de certificats d'obtention végétale (COV)	13	Sans objet
COV en portefeuille	425	Sans objet
Valorisation		
Valorisation nouvelles licences sur brevets, savoir-faire, logiciels, marques, modèles...	47	6
Licences en portefeuille	515	102
Nouvelles licences sur COV	44	Sans objet
Licences COV en portefeuille	893	3
Création d'entreprises		
Création d'entreprises à partir de résultats Inra ou Irstea	7	1
Entreprises créées dans l'environnement Inra ou Irstea depuis 1999	126	17

Les filiales de l'Inra

Créée en 1983, **Agri Obtentions** a pour mission la création et la valorisation d'innovations variétales ; elle porte les valeurs de l'agriculture durable et de l'innovation.

Agri Obtentions en quelques chiffres :

- 55 personnels permanents
- 15 000 000 € de chiffre d'affaires (CA) réalisé en France et en Europe
- 30% du CA investi en Recherche & Développement
- > 400 licenciés
- 10 groupes d'espèces et plus de 450 variétés diffusées par Agri Obtentions
- 15 programmes de recherche

Les **éditions Quæ** ont été fondées en 2006 par quatre instituts de recherche français : le Cirad, l'Ifremer, l'Inra et Irstea. Avec un fonds de plus de 1 000 titres, Quæ vise à favoriser les échanges entre scientifiques, la transmission des savoirs et savoir-faire, l'aide à la décision et au débat public. Quae est un acteur majeur de l'édition scientifique et technique en France, avec des thèmes aussi variés que l'agriculture et la sylviculture, l'environnement, l'alimentation, la mer, les ressources aquatiques et marines, les sciences de la vie et de la terre ou encore les sciences humaines et sociales. Quæ est un éditeur numérique depuis 2008. Une centaine d'ouvrages est actuellement en accès libre, Quæ répondant aux directives françaises et européennes de diffusion en accès libre des documents issus d'une activité financée par la recherche publique française ou par des fonds de l'Union européenne.

INRA Transfert est une société d'ingénierie de projets et de transferts technologiques pour l'innovation en alimentation, en agriculture et en environnement, dont les missions sont de :

- Transférer les résultats de la recherche aux entreprises en valorisant et gérant le portefeuille de technologies de l'Inra via des accords d'exploitation avec des industriels,
- Promouvoir la création d'entreprises innovantes en accompagnant leur développement,
- Accompagner le montage, la négociation et la gestion de projets de recherche collaborative européens ou nationaux grâce à son expertise en ingénierie de projets de management,
- Monter, animer et gérer des programmes de recherche et développement,
- Mettre à disposition des ressources auprès du secteur des écotechnologies en créant une interface perméable entre les laboratoires de recherche publics et le monde économique.

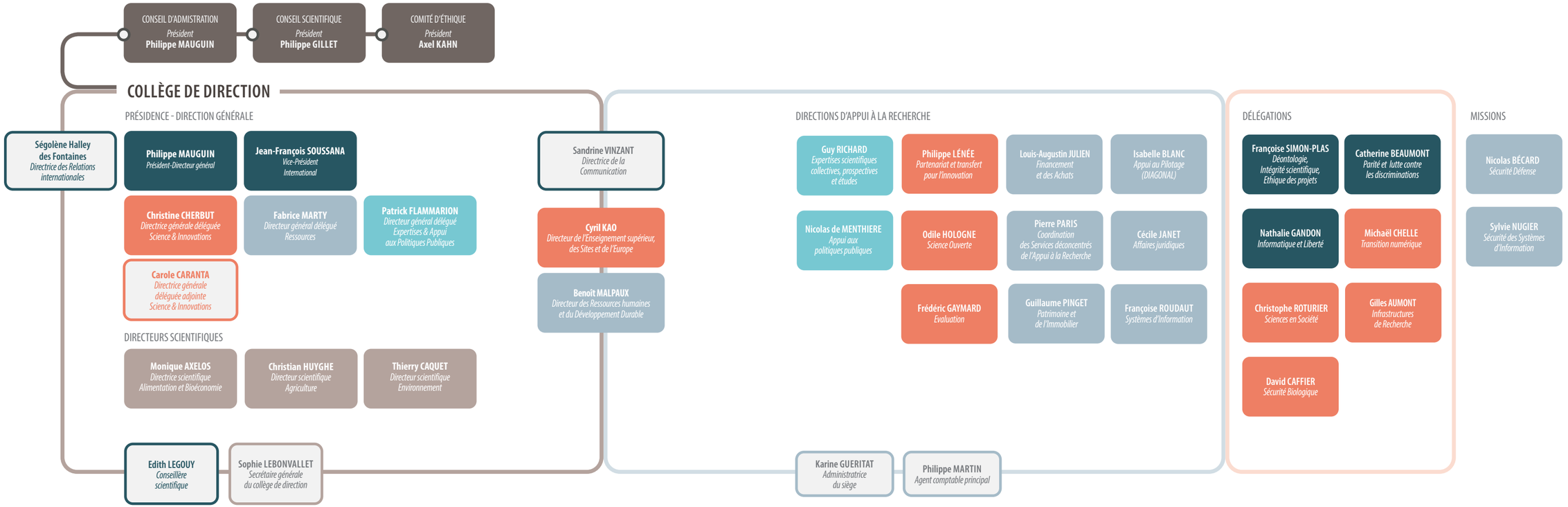
La SAS **Château Couhins** a été créée en 2018, à l'aube du 50e millésime de ce cru classé de Graves produit sous l'égide de l'Inra. La SAS est pleinement intégrée dans le collectif professionnel des crus classés de Graves, tout en s'appuyant sur les forces de recherche de l'Inra. Le vignoble, de 25 ha en Pessac Léognan, 19 ha en rouge et 6 ha en blanc, décline un projet de démonstration articulé autour de deux ambitions majeures :

- Déployer *in situ*, à l'échelle d'une exploitation, les résultats des travaux de l'Inra pour une production viti-vinicole plus respectueuse de l'environnement et des hommes,
- Construire avec la profession les stratégies les plus prometteuses pour réduire les intrants, mettre en œuvre des pratiques de biocontrôle, déployer des pratiques agroécologiques (agroforesterie notamment) ou encore en matière de vinification.

Organisation INRAE

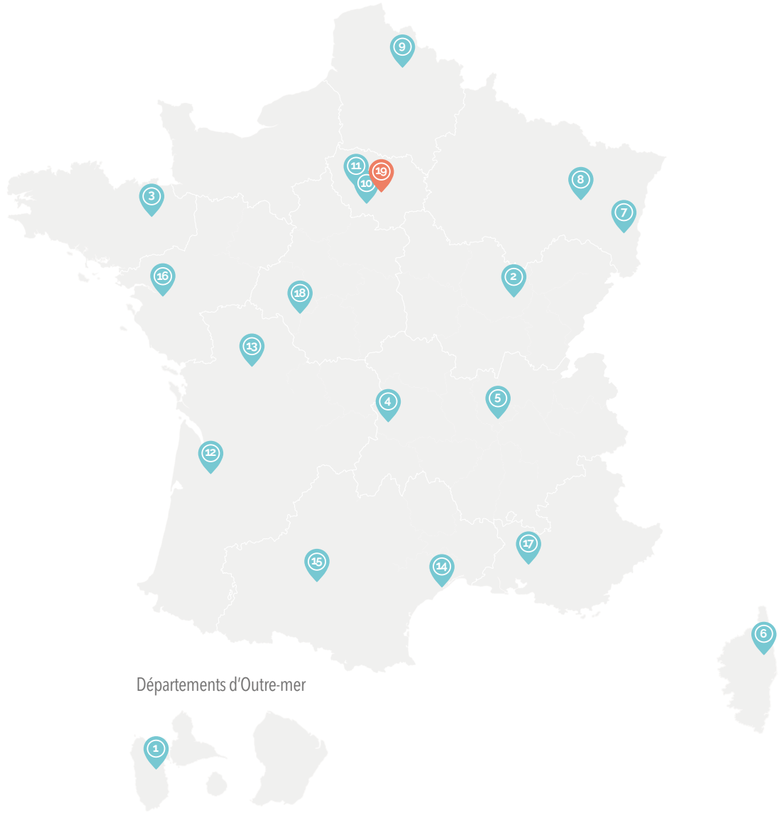
Organigramme

(au 1er janvier 2020)



Les 18 centres

18 centres de recherche traduisent l'implication d'INRAE au cœur des dynamiques régionales. Le centre siège bi-localisé complète le dispositif.



1. **Antilles-Guyane**
   Président : Harry Ozier-Lafontaine
2. **Bourgogne-Franche-Comté**
   Présidente : Nathalie Munier-Jolain
3. **Bretagne-Normandie**
   Présidente : Hélène Lucas
4. **Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes**
   Président : Emmanuel Hugo
5. **Lyon-Grenoble-Auvergne-Rhône-Alpes**
   Président : Pascal Boistard
6. **Corse**
   Président : François Casabianca
7. **Grand Est-Colmar**
   Président : Serge Kauffmann
8. **Grand Est-Nancy**
   Présidente : Meriem Fournier
9. **Hauts-de-France**
   Président : Jean Tayeb
10. **Île-de-France-Jouy-en-Josas-Antony**
    Président : Thierry Pineau
11. **Île-de-France-Versailles-Grignon**
    Présidente : Camille Michon
12. **Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux**
    Président : Olivier Lavialle
13. **Nouvelle-Aquitaine-Poitiers**
    Président : Abraham Escobar-Gutierrez
14. **Occitanie-Montpellier**
    Président : Sylvain Labbé
15. **Occitanie-Toulouse**
    Président : Pierre-Benoit Joly
16. **Pays de la Loire**
    Présidente : Emmanuelle Chevassus Lozza
17. **Provence-Alpes-Côte d'azur**
    Président : Jean-Philippe Nabot
18. **Val de Loire**
    Présidente : Catherine Beaumont
19. **Centre-siège Paris-Antony**
    Administratrice : Karine Gueritat

Les 14 départements scientifiques

Agroécosystèmes
Philippe HINSINGER

Alimentation humaine
Jean DALLONGEVILLE

Écosystèmes aquatiques, ressources en eau et risques
Mohamed NAAIM

Biologie et amélioration des plantes
Isabelle LITRICO-CHIARELLI

Écologie et biodiversité
Catherine BASTIEN

Économie et sciences sociales
Alban THOMAS

Génétique animale
Edwige QUILLET

Microbiologie et chaîne alimentaire
Sylvie DEQUIN

Mathématiques et numérique
Hervé MONOD

Physiologie animale et élevages
Françoise MEDALE

Santé animale
Muriel VAYSSIER-TAUSSAT

Santé des plantes et environnement
Christian LANNOU

Action, transitions et territoires
Christophe SOULARD

Aliments, produits biosourcés et déchets
Michael O'DONOHUE

Structures

203 unités de recherche

42 unités expérimentales

21 unités de service

Directeur de la publication : Philippe Mauguin
Coordination éditoriale : Aliette Maillard / Edith Legouy
Relecture : Frédérique Chabrol
Crédits photos : Service image et Studio Création Inra / Fotolia / Adobe Stock
Direction artistique : Arnaud Veldeman
Conception graphique et réalisation : Studio Création INRAE
Imprimerie : BIPRINT, Zac du Petit Parc - 28 rue des Fontenelles - 78920 Ecquevilly

INRAE - 147 rue de l'Université - 75338 Paris cedex 07 / Tél. +33(0)1 42 75 90 00
Inrae.fr

Rapport d'activité
2019

INRA • IRSTEA

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INRAE

147 rue de l'Université - 75338 PARIS Cedex 07
Tél. : +33(0)1 42 75 90 00

Rejoignez-nous sur :

inrae.fr

PEFC FSC