



INRAE

Rapport d'activité
2022

AE

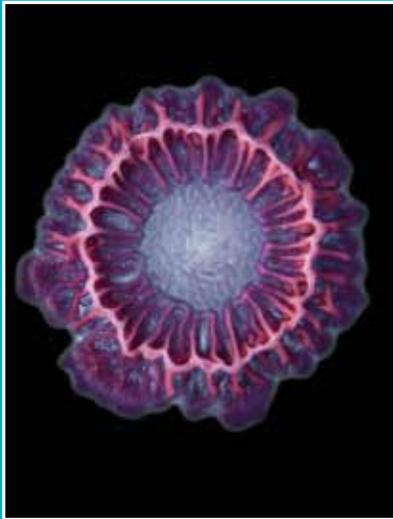


Image de couverture
Bacillus subtilis sur agar.
© INRAE - J. Deschamps



^
Prélèvements d'échantillons de végétaux
dans le lac de Carcans-Hourtin (33).
©INRAE - B. Nicolas



^
Ombrière photovoltaïque sur une parcelle de pruniers à Apt (84).
L'impact de la présence des panneaux photovoltaïques sur la production
arboricole est mesuré et quantifié.
©INRAE - B. Nicolas

>
Vache de race Charolaise dans une prairie
du domaine d'INRAE au Pin-au-Haras (61).
©INRAE - B. Nicolas



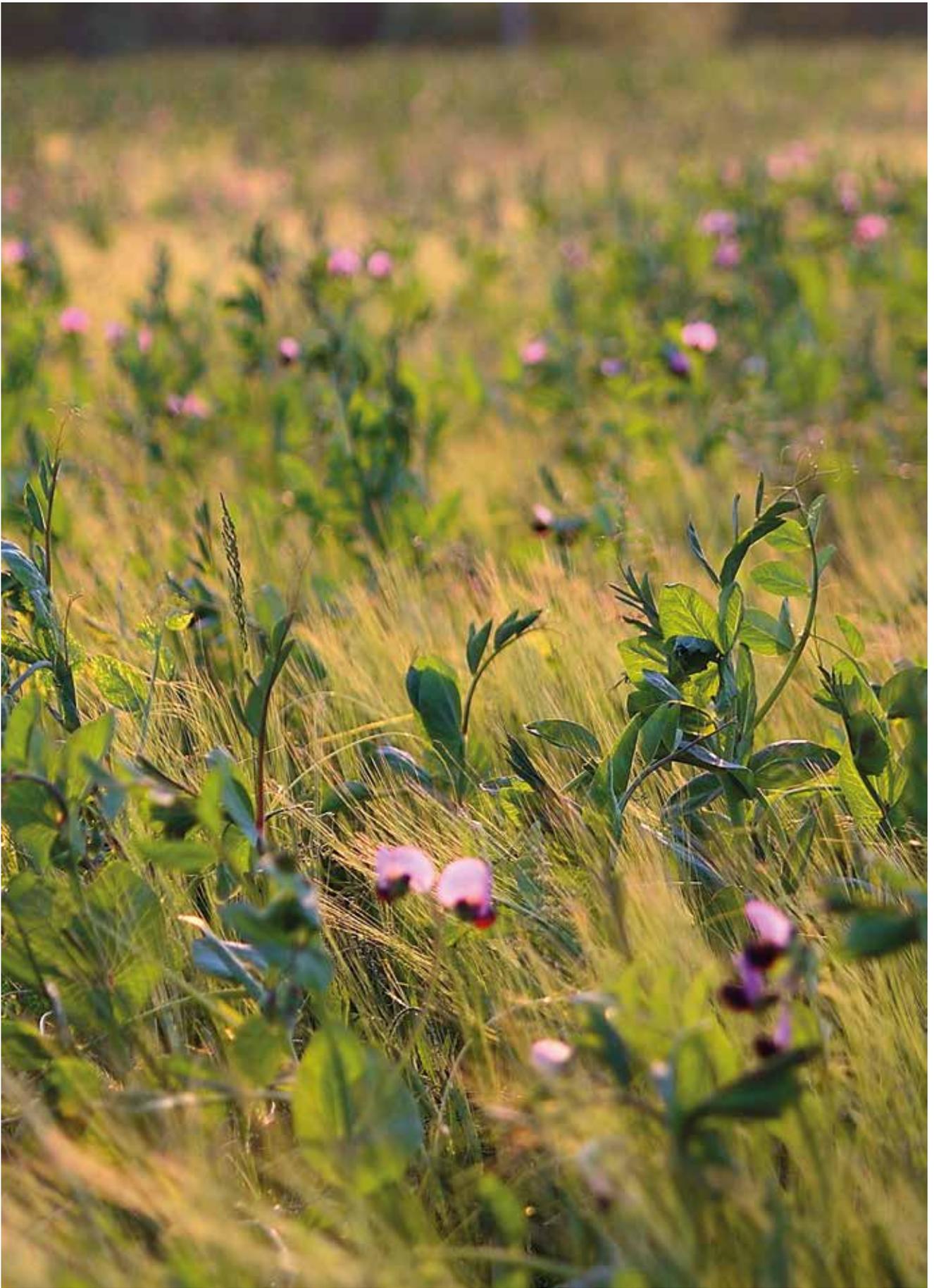


Jeune visiteur observant à la loupe une tique accrochée en haut d'un brin d'herbe, au Salon de l'agriculture. Paris. ©INRAE - B. Nicolas



Réglage de la console de la bineuse sur une parcelle en agriculture biologique. Centre INRAE de Bourges. ©INRAE - C. Maître





^
Parcelle de céréales et légumineuses (pois) en mélange
près de Sourcieux-les-Mines (69).
©INRAE - M.C. Lhopital



SOMMAIRE

PORTFOLIO

Orientations scientifiques en images
p.1

TEMPS FORTS

Une année avec INRAE
p.8

ÉDITO

Par Philippe Mauguin
Président-directeur général d'INRAE
p.12

Activités scientifiques

INRAE ACTEUR CLÉ DE LA DYNAMIQUE
DE FRANCE 2030
p.16

ORIENTATIONS SCIENTIFIQUES

Répondre aux enjeux environnementaux
et gérer les risques associés
p.20

Accélérer les transitions agroécologique
et alimentaire en tenant compte des enjeux
économiques et sociaux
p.30

Une bioéconomie basée sur une utilisation
sobre et circulaire des ressources
p.42

Favoriser une approche globale
de la santé
p.46

Mobiliser les sciences de la donnée
et les technologies du numérique au service
des transitions
p.54

SCIENCE OUVERTE
p.58

Partenariats et impacts

LES ÉVÉNEMENTS EUROPÉENS ET INTERNATIONAUX,
VECTEURS CLÉS POUR LES PARTENARIATS DE L'INSTITUT
p.62

International
p.64

Europe
p.67

Enseignement supérieur
et politique de sites
p.69

METTRE NOS EXPERTISES
AU SERVICE DES DÉFIS SOCIÉTAUX
p.72

Expertise et appui
aux politiques publiques
p.74

Partenariat et innovation
p.76

Vie des collectifs

INRAE, ENGAGÉ DANS LA RSE
p.82

Actions RSE
p.84

Attractivité et qualité de vie au travail
au cœur de la politique RH de l'institut
p.88

Éthique et laïcité
p.90

Les Lauriers 2022
p.92

Nos scientifiques distingués
p.94

Une communication plus efficiente
et plus responsable
p.96

Organisation et chiffres-clés

Conseil
d'administration
p.100

Conseil
scientifique
p.101

Les Commissions scientifiques
spécialisées (CSS)
et leurs présidents
p.102

Comité Éthique
en commun

INRAE - Cirad - Ifremer - IRD
p.103

Effectifs ressources
humaines et budget
p.104

Partenariat
et innovation
p.105

Filiales
p.106

Organigramme
INRAE
p.108

Centres et
départements
de recherche
p.110



Directeur de la publication
Philippe Mauguin

Coordination éditoriale
Alicette Maillard, Édith Legouy
et Sandrine Vinzant

Relecture
Élodie Ruhr

Crédits photos
Service image INRAE (B. Nicolas / C. Maître)
et droits réservés, 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

Dépôt légal
Juillet 2023
ISSN : 2804-004X



Temps forts

22 février INRAE lance son plan d'action RSE

Un plan d'action ambitieux qui vise le fonctionnement de l'institut et ses pratiques métiers.

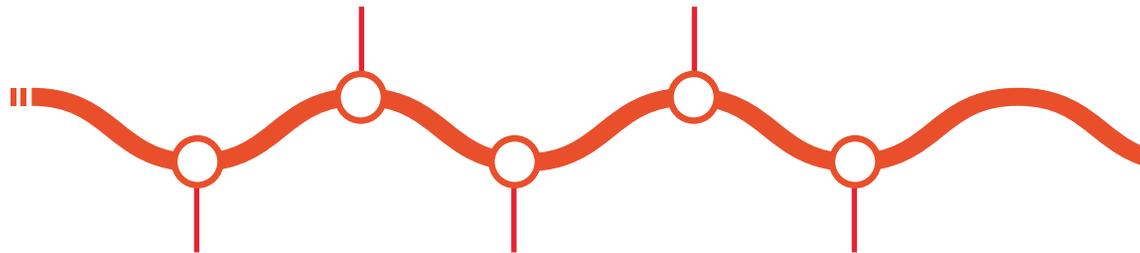


RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE ET ENVIRONNEMENTALE

1^{er} mars

1^{er} contrat d'objectifs, de moyens et de performance pour INRAE

Dans le cadre de la loi de programmation de la recherche et du plan France 2030, ce contrat fixe des priorités, des objectifs et des moyens supplémentaires pour INRAE pour la période 2022-2026.



8 février Visite européenne à Colmar

Dans le cadre de la présidence française du Conseil de l'UE, les ministres européens de l'Agriculture et le commissaire européen visitent le site du programme RESDUR sur le centre de Colmar, dont l'objectif est la réduction de l'usage des pesticides dans les vignobles grâce à la production de cépages résistants.

28 février 1^{er} accord-cadre pour INRAE et l'Agence Bio

Mieux partager connaissances et données pour répondre à l'objectif de l'UE d'au moins 25% des terres agricoles dédiées à l'agriculture biologique d'ici 2030.



3 mars 1^{re} édition du Prix de la recherche participative

Ce prix met en lumière des projets auxquels ont pris part des acteurs non scientifiques. Adressé pour sa première année aux établissements de la communauté Agreenium, il sera élargi dès 2023 à l'ensemble de la communauté scientifique.

16 mars
OneWater,
un programme de
recherche national
sur l'eau

Copiloté par le CNRS, le BRGM et INRAE, le PEPR « Eau bien commun » a vocation à mettre les recherches sur les ressources en eau au cœur de la transition durable des territoires.



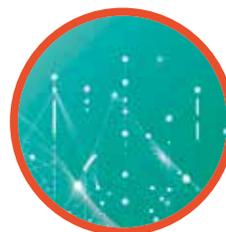
20 juin
Nouvel accord de
partenariat avec INRIA

INRAE et INRIA ambitionnent d'initier des projets en commun pour favoriser l'innovation adossée au numérique dans le domaine de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement.

8 juillet

Ouverture
de la plateforme
Recherche Data Gouv

Développée par INRAE à la demande du MESR pour le volet entrepôt et catalogue, la plateforme permet à tous les établissements d'enseignement supérieur et de recherche de déposer et de partager des données scientifiques validées.



11 avril
FairCarboN,
un programme
de recherche national
pour la neutralité
carbone

Copiloté par le CNRS et INRAE, FairCarboN entend développer la contribution des écosystèmes continentaux à l'atténuation du changement climatique et à la neutralité carbone d'ici à 2050.



3 juin
5^e convention
d'objectifs et de
moyens d'INRAE avec
des universités

INRAE signe avec l'UBFC, l'université de Bourgogne et l'Institut Agro une convention d'objectifs et de moyens pour consolider leur collaboration scientifique autour d'objectifs partagés.



1^{er}
juillet

400 chercheurs
européens réunis
autour de la
diminution de l'usage
des pesticides

Dans le cadre de la présidence française de l'UE, une conférence scientifique est organisée à Dijon par INRAE : « quelles recherches pour répondre aux objectifs du Pacte Vert européen sur la diminution de l'usage des pesticides en agriculture ? »

FERMENTS DU FUTUR

12 septembre

Un Grand défi pour les « Ferments du Futur »

Copiloté par INRAE et l'ANIA, le Grand défi Ferments du Futur, financé dans le cadre de France 2030, doit permettre de mobiliser les ferments comme leviers de l'alimentation de demain.



27 septembre

Les start-up INRAE à l'honneur

INRAE organise la première édition de « start up for planet » afin de contribuer efficacement à la transformation des systèmes agricoles et alimentaires. INRAE est mobilisé pour accompagner les scientifiques dans leur projet de création d'entreprises.



31 août

Tranfert de la collection de vignes de Vassal

Ce transfert déployé jusqu'en 2032 sur le site INRAE de Pech Rouge vise à protéger une collection unique au monde et à la mettre en valeur en l'intégrant dans un ensemble de recherches et d'expérimentations cohérent « du gène à la bouteille ».



15 septembre

Le French Gut ou le microbiote français

Ce projet de sciences participatives est un appel à la contribution nationale pour cartographier et comprendre les microbiotes intestinaux français. Porté par MetaGenoPolis/INRAE et l'AP-HP, il s'inscrit dans une dynamique mondiale.

18 octobre

Avec la FAO pour la transformation des systèmes

Signature d'un nouveau protocole d'accord entre la FAO et INRAE, le Cirad et l'IRD pour accompagner la transformation des systèmes agricoles et alimentaires.



12 décembre

Rapprochement avec l'Institut Agro

INRAE et l'Institut Agro ont signé leur premier accord de coopération scientifique. Les deux instituts souhaitent mettre en synergie leurs compétences et leurs expertises pour accélérer la transformation durable des systèmes agricoles et alimentaires.



6 décembre

TSARA, recherche, formation et innovation avec l'Afrique

L'initiative « Transformer les systèmes alimentaires et l'agriculture par la recherche en partenariat avec l'Afrique » lancée par INRAE et le Cirad a tenu sa première assemblée générale avec ses 19 partenaires africains le 5 décembre à Cape Town en Afrique du Sud.





Accélérer les recherches au service des transitions

ÉDITO PAR

Philippe Mauguin

Président-directeur général
d'INRAE

Cette année 2022, comme en atteste la richesse de ce rapport d'activité, est le témoin de nombreuses avancées scientifiques, qui symbolisent une fois encore la vigueur, l'engagement et la qualité des recherches menées par toute la communauté d'INRAE.

La signature d'un premier Contrat d'objectif, de moyens et de performance (COMP) avec les pouvoirs publics en 2022 trace pour les 5 prochaines années les priorités et engagements réciproques et définit un cap ambitieux, assorti de moyens nouveaux pour sa mise en œuvre en lien avec les priorités stratégiques d'INRAE2030.

Il prend en compte les avancées de la loi de programmation de la recherche (LPR) et le Plan d'investissement France 2030. Le début de cette année 2023 a été marqué par l'engagement de l'État sur des moyens complémentaires pour soutenir le développement des recherches. Le renforcement de leur impact au travers d'instruments innovants vise à consolider le

leadership français dans des secteurs stratégiques au bénéfice de la société toute entière.

En 2022, sous l'impulsion des pouvoirs publics, INRAE s'est ainsi engagé dans plusieurs programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR). L'institut s'est vu plus particulièrement confier la préparation, le lancement et le pilotage ou copilotage de 9 PEPR contribuant aux stratégies d'accélération Agri, Alim, Bioéco, maladies infectieuses émergentes, mais aussi de programmes exploratoires dans le domaine de l'environnement. Au cours de l'année, cette première phase de déploiement illustrée par les lancements des programmes FairCarboN et One Water permettra à l'institut et à l'ensemble de la communauté scientifique nationale de renforcer les recherches pour mieux comprendre et limiter les effets du dérèglement climatique. Effets qui sont devenus en 2022 bien tangibles pour tous en dévoilant plus concrètement ses conséquences : sécheresse, incendies, tensions sur les ressources. Le lancement du Grand défi Ferments

“

Au-delà des recherches menées par les équipes d'INRAE sur l'atténuation du changement climatique, notre établissement doit réduire son empreinte environnementale et renforcer sa résilience.

”

du Futur permettra, lui, d'accélérer le développement des innovations, favorisant la transition des systèmes alimentaires. Ces défis, INRAE les mène aussi au niveau international, s'employant à étendre son influence et à consolider ses projets par une politique de coopération scientifique internationale dynamique ainsi que par le renforcement de sa présence auprès des organisations et initiatives internationales. L'institut a ainsi été

fortement mobilisé sur le plan multilatéral lors des grands rendez-vous mondiaux tels que la COP 27 sur les changements climatiques ou la COP 15 sur la biodiversité par des contributions scientifiques, tout comme il a pris une part active plus particulièrement auprès de la FAO. De même, 9 mois après son lancement au Salon international de l'agriculture 2022, la première assemblée générale de l'initiative TSARA s'est tenue en Afrique du Sud en décembre et a été l'occasion d'entreprendre sa mise en œuvre avec le Cirad et 17 partenaires africains, issus de 11 pays. Enfin, le soutien et le développement du programme prioritaire international (PPI) PREZODE (Prevention of Zoonotic Diseases) a permis à INRAE de préfigurer sa contribution à l'initiative, de contribuer à la mise en place de la gouvernance mondiale et d'un agenda stratégique de recherche.

En tant qu'institut de recherche finalisée, INRAE est bien sûr résolument tourné vers la préparation du futur de notre agriculture : identifier, former et accompagner celles et ceux qui prendront la relève pour assurer la production agricole et qui seront la clé pour

faire face aux défis que constituent le changement climatique, la préservation des ressources naturelles et la souveraineté alimentaire. Alors que d'ici 10 ans, 166 000 exploitants ou coexploitants agricoles seront partis à la retraite (soit un tiers d'entre eux), « préparer l'avenir et les nouvelles générations » est le message porté le 9 septembre dernier par le président de la République, lors de l'évènement Les Terres de Jim, en annonçant la préparation d'un **pacte pour former les nouvelles générations**. INRAE se mobilise en partenariat avec les instituts techniques agricoles, en appui de l'élaboration de la future loi d'avenir pour préparer une nouvelle génération d'agricultrices et d'agriculteurs qui devra relever ces défis en s'appuyant sur la recherche.

Au-delà des recherches menées par les équipes d'INRAE sur l'atténuation du changement climatique, notre établissement doit réduire son empreinte environnementale et renforcer sa résilience. Acteur majeur des recherches menées au service des objectifs de développement durable (ODD), INRAE s'engage dans la responsabilité sociétale et environ-

nementale (RSE) pour contribuer à atteindre les ODD d'ici 2030, en faisant évoluer son fonctionnement et ses pratiques métiers. Aujourd'hui, INRAE met en œuvre sa stratégie RSE au travers d'un plan d'action ambitieux, qui comprend notamment un plan de sobriété énergétique volontariste. Grâce à la mobilisation de chacune et chacun, INRAE a atteint dès la fin 2022 les objectifs de 10 % d'économies de consommation d'énergie en 2 ans recommandés par le gouvernement. L'engagement, la créativité ainsi que l'expertise scientifique interne des unités et laboratoires constitue un premier succès, une fierté pour l'institut et nourrit l'espoir.

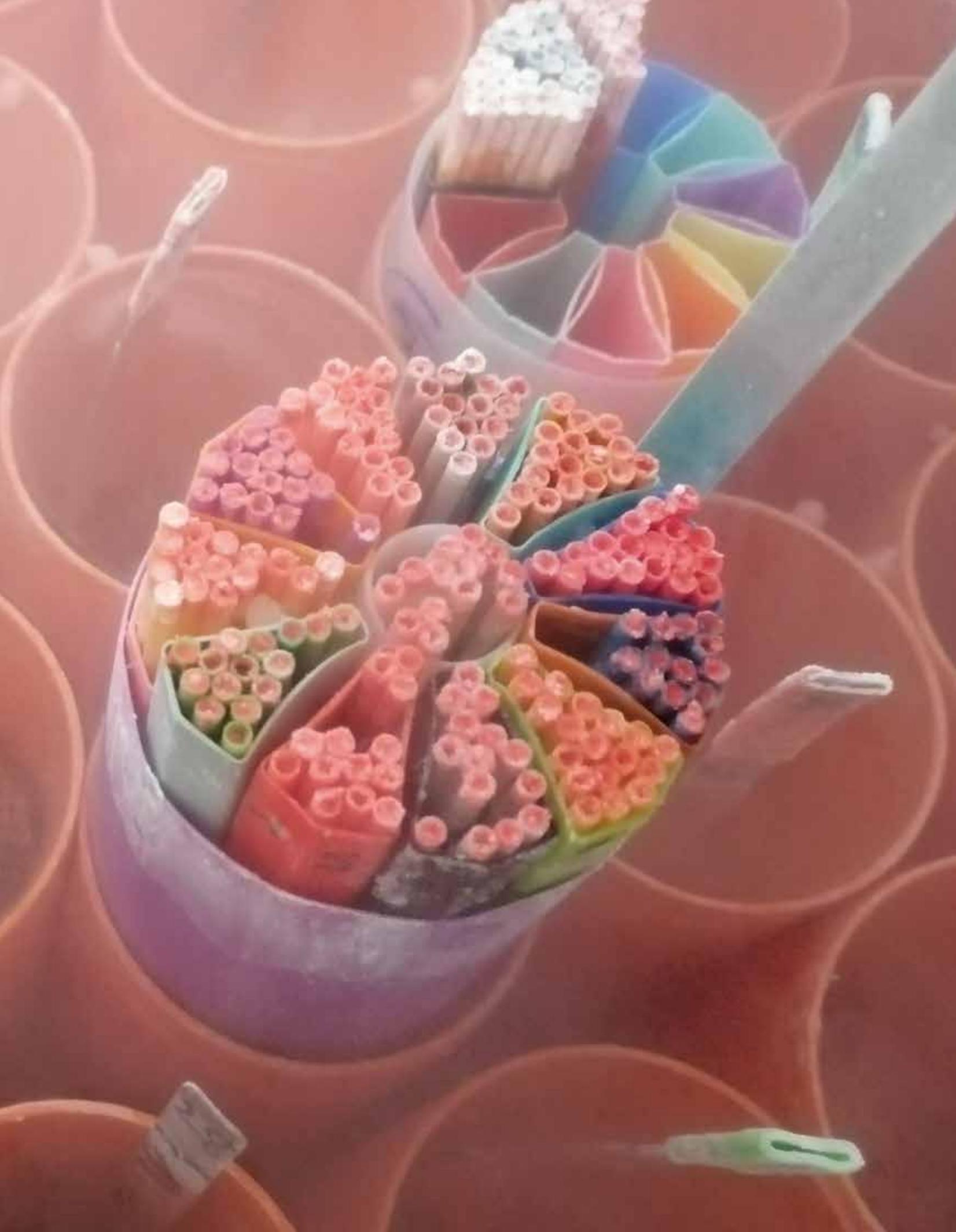
L'année 2022 faite d'inquiétudes face aux incertitudes et aux tensions qui animent le monde a aussi été marquée par de belles réussites et le lancement de nouvelles initiatives.

Elles mettent en lumière les besoins impératifs de science, de recherche et de connaissances, ainsi que l'engagement des femmes et des hommes qui, au sein d'INRAE, œuvrent au quotidien pour relever des défis clés pour l'humanité et l'avenir de la planète. ●



Activités scientifiques

La cryoconservation des spermatozoïdes
est la base de nombreux programmes
de conservation de la biodiversité.
©INRAE / A. Vitorino-Carvalho





INRAE acteur clé de la dynamique de France 2030



ENTRETIEN AVEC

Carole Caranta

Directrice générale déléguée
Science & Innovations

INRAE est particulièrement mobilisé dans le cadre de France 2030 : qu'apporte cette dynamique à l'institut ?

France 2030 et les stratégies d'accélération qui constituent le plan d'investissement créent une dynamique vers l'innovation en réunissant les acteurs et en créant des communautés autour de thématiques sur des secteurs stratégiques. Certains des programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) sont directement reliés à des Grands défis qui orientent la recherche vers l'innovation. Ils vont nous aider à aller plus vite. Par exemple, le Grand défi Ferments du Futur, copiloté avec l'Association nationale des industries alimentaires (ANIA) et réunissant 36 partenaires public-privé, vise à développer, à l'aide en particulier de la science des données et d'une plateforme d'innovation unique en Europe (opérationnelle fin 2024 sur le plateau de Saclay), de nouveaux produits dans le cadre de la transition vers une alimentation plus sûre, plus saine et plus durable. Toujours dans le cadre de France 2030, et avec l'objectif d'accompagner l'impact économique, environnemental et de santé des résultats des PEPR, notre filiale INRAE Transfert pilote 2 consortiums de maturation et prématuration.

Ces consortiums réunissant des SATT (sociétés d'accélération du transfert de technologies), des universités et des organismes nationaux de recherche vont financer des projets de prématuration, assurer le relai avec les financements de maturation existants et favoriser la création de start-up et le transfert vers les entreprises.

- Le consortium ASTRAGAL pour soutenir les projets dans les 2 stratégies d'accélération « Systèmes agricoles durables et équipements agricoles contribuant à la transition écologique » et « Alimentation durable favorable à la santé ».
- Le consortium BIOSCALE pour soutenir des projets dans la stratégie d'accélération « Produits biosourcés, biotechnologies industrielles et carburants durables ».

Comment ces stratégies s'articulent-elles avec votre politique de site ?

Impliqué dans 34 sites universitaires, INRAE s'est investi également dans les nouveaux outils de France 2030 déployés pour renforcer l'action des sites. Ainsi INRAE est partenaire de

“

Certains programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) sont directement reliés à des Grands défis qui orientent la recherche vers l'innovation.

”

11 projets ExcellenceS de transformation des universités. Une politique proactive de concertation et de co-construction avec les universités pilotes des pôles universitaires d'innovation (PUI), en cohérence avec notre stratégie nationale, a été déployée au service de la transformation de l'écosystème d'innovation dans toutes ses dimensions : expertise, accès aux plateformes technologiques, partenariats de recherche,

propriété intellectuelle, création de start-up, etc. À ce jour, INRAE est partenaire de 3 PUI pilotes et de 16 des 21 PUI sélectionnés en phase 2.

Ces outils renforcent nos collaborations avec les partenaires des sites, notre capacité collective de détection et d'actions. On en voit déjà les effets structurants.

Comment avez-vous intégré la responsabilité du pilotage des PEPR dans votre fonctionnement ?

Avec ces PEPR, nous endossons la responsabilité du pilotage stratégique mais aussi de la gestion. Afin d'assurer la meilleure articulation entre ces PEPR, notre stratégie et les autres activités de l'institut, le pilotage et le suivi scientifiques de ces PEPR se fait au plus haut niveau d'INRAE au sein du collège de direction sous ma supervision et avec l'implication des 3 directeurs scientifiques, Christian Huyghe pour l'agriculture, Monique Axelos pour l'alimentation et Thierry Caquet pour l'environnement. Quant à l'aspect opérationnel, il est coordonné par une unité de service spécialement créée pour apporter l'appui nécessaire aux pilotes

“

Impliqué dans 34 sites universitaires, INRAE s'est investi également dans les nouveaux outils de France 2030 déployés pour renforcer l'action des sites.

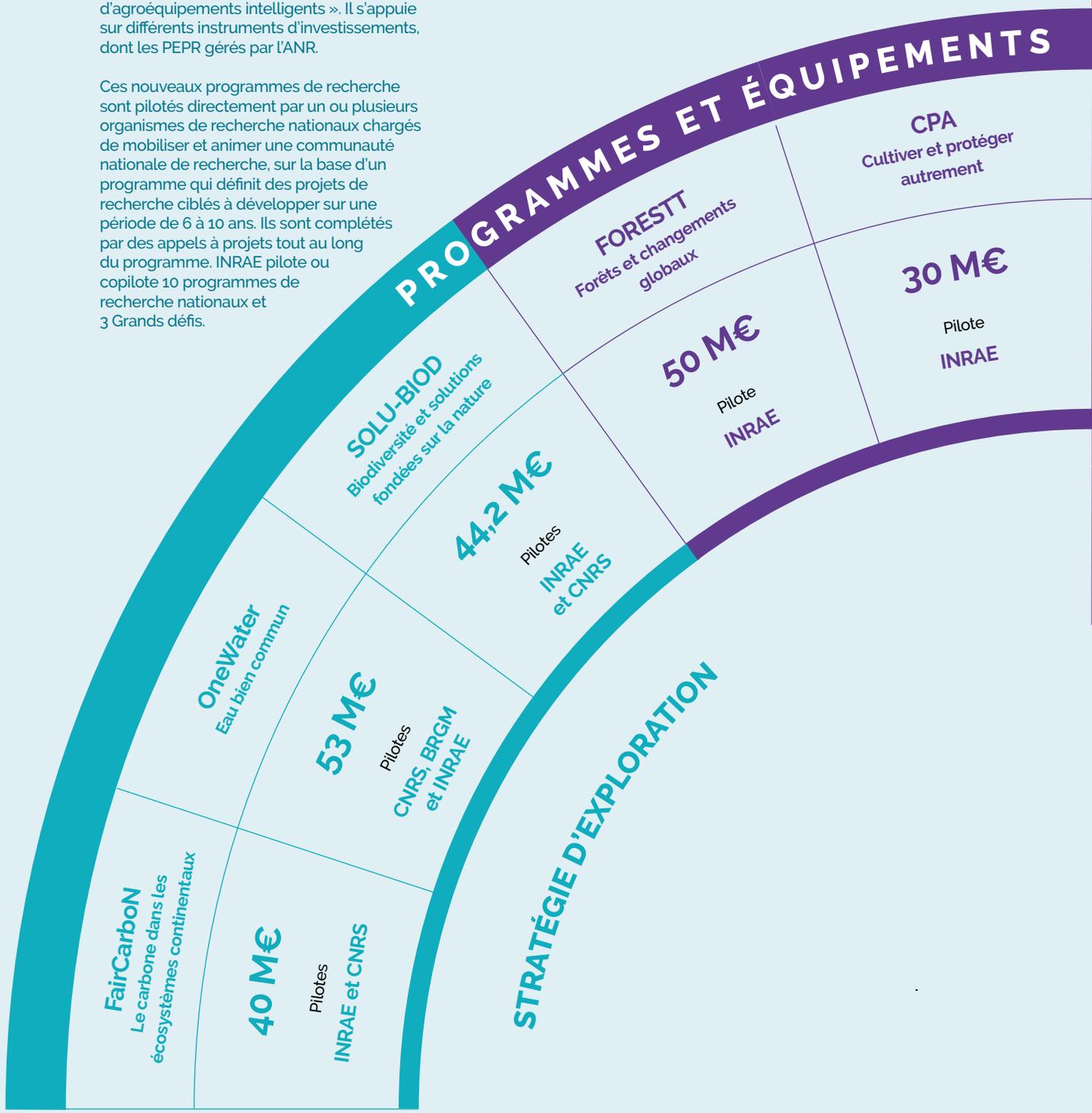
”

scientifiques de ces programmes mais également pour mutualiser certaines missions communes aux PEPR : la gestion administrative et financière de ces programmes, la relation avec les différents partenaires (dont l'Agence nationale de recherche (ANR), opérateur des PEPR), les bilans et points d'étapes de ces programmes ainsi que leur communication, depuis l'animation des communautés scientifiques jusqu'au grand public, en lien avec la direction de la Communication. ●

INRAE et France 2030

Le Plan d'investissements France 2030, sous l'égide du Secrétariat général pour l'investissement, prévoit 54 milliards d'euros pour dynamiser l'ensemble des acteurs de la recherche et de l'innovation et construire ou consolider un leadership français sur des secteurs d'avenir en lien avec 10 objectifs nationaux. Ainsi, l'objectif 6 de France 2030 vise à « engager la troisième révolution agricole, disposer de chaînes alimentaires respectueuses de la biodiversité et d'agroéquipements intelligents ». Il s'appuie sur différents instruments d'investissements, dont les PEPR gérés par l'ANR.

Ces nouveaux programmes de recherche sont pilotés directement par un ou plusieurs organismes de recherche nationaux chargés de mobiliser et animer une communauté nationale de recherche, sur la base d'un programme qui définit des projets de recherche ciblés à développer sur une période de 6 à 10 ans. Ils sont complétés par des appels à projets tout au long du programme. INRAE pilote ou copilote 10 programmes de recherche nationaux et 3 Grands défis.



Grands défis

Biocontrôle et biostimulation

Accélérer la conception et le déploiement de solutions basées sur la prévention et les régulations naturelles

Montant

42 M€

Pilotes

INRAE et ITA

Robotique agricole

Développement de la robotique pour l'agriculture et la transition agroécologique

Montant

21 M€

Pilotes

INRAE et Robagri

Ferments du Futur

Accélérer la recherche et l'innovation sur les ferments et les aliments fermentés

Montant

48,5 M€

Pilotes

INRAE et ANIA

PRIORITAIRES DE RECHERCHE (PEPR)

AE&N
Agroécologie
et numérique

65 M€

Pilotes

INRAE
et Inria

SVA
Sélection végétale
avancée

30 M€

Pilote

INRAE

SAMS
Systèmes alimentaires,
microbiome et santé

60 M€

Pilotes

INRAE
et Inserm

B-BEST
Biomasse, biotechnologie
et technologies
environnementales durables

70 M€

Pilotes

INRAE
et IFPEN

Systèmes agricoles
durables et équipements
agricoles contribuant
à la transition écologique

Stratégies

Alimentation
durable favorable
à la santé

Produits
biosourcés et
biotechnologies
industrielles,
carburants
durables

Maladies
infectieuses
émergentes
- Menaces NRBC

PREZODE
Prévenir l'émergence
des maladies zoonotiques

30 M€

Pilotes

IRD, Cirad
et INRAE

STRATÉGIE D'ACCÉLÉRATION

Orientation scientifique

Répondre aux enjeux environnementaux et gérer les risques associés



Face aux impacts déjà visibles des changements globaux et afin d'anticiper leurs conséquences futures, il est essentiel d'élaborer et surtout de tester des stratégies de réduction de la vulnérabilité et de renforcement de la résilience des systèmes agricoles, alimentaires et environnementaux. Les mécanismes d'adaptation du vivant, la préservation et l'utilisation durable de la biodiversité sont autant de leviers pour favoriser cette résilience. En parallèle, les recherches visent à mieux caractériser les aléas et la vulnérabilité de différents enjeux afin de mieux évaluer et gérer les risques associés.



Changement climatique : combiner les enjeux d'atténuation et d'adaptation

Quel type de forêt pour améliorer leur capacité à fixer le carbone ?

Les forêts sont des écosystèmes cruciaux dans la lutte contre le changement climatique grâce à leur capacité à stocker du carbone dans la biomasse aérienne et dans les sols. Un des enjeux est d'être capable de renforcer cet effet « puits de carbone » des forêts. Toutefois, si la capacité des forêts à stocker du carbone dans la biomasse aérienne, et notamment celle des arbres, est relativement bien connue, il n'en est pas de même en ce qui concerne le stockage de carbone par les sols forestiers. L'analyse de données provenant de 136 sites expérimentaux à travers le monde, représentant un total de 454 forêts, indique que les gestionnaires forestiers peuvent jouer sur plusieurs facteurs pour accentuer le rôle de « puits de carbone » des sols forestiers. Une biomasse d'arbre importante ainsi que des mélanges d'espèces adaptées au climat et à la composition du sol des régions où ils sont implantés seraient les principales clés de réussite.

Nature Communications

doi.org/10.1038/s41467-022-28748-0

Choisir les meilleures graines pour aider les chênes sessiles à s'adapter aux climats futurs

La sécheresse de 1976, en France et dans une partie de l'Europe, a eu pour conséquence une hausse de la mortalité des arbres forestiers, notamment des chênes pédonculés. Ces dépérissements avaient suscité des recherches sur l'adaptation des chênes en général, et notamment du chêne sessile, qui demeure l'espèce feuillue la plus plantée en France. Une collaboration entre INRAE et l'Office national des forêts (ONF) a permis de réunir sur 4 sites expérimentaux une collection de 110 populations de chênes sessiles en provenance de France et d'autres pays d'Europe. Durant 30 ans, les scientifiques ont étudié l'évolution des caractères d'intérêt de ces chênes et leur variabilité génétique. L'objectif était d'identifier les meilleures sources de graines pour la plantation de chênes sessiles capables de s'adapter aux climats futurs. Les résultats montrent que les populations d'arbres provenant de régions ayant connu une longue



tradition de sylviculture ont la meilleure combinaison de caractères écologiques et sylvicoles (survie, croissance, forme, adaptation aux variations climatiques). Les scientifiques en tirent des recommandations pour assurer le succès de futures plantations.

Annals of Forest Science

doi.org/10.1186/s13595-022-01140-0

doi.org/10.1186/s13595-022-01141-z

▲ Prélèvement d'échantillons de sol en forêt d'Orléans. Les recherches de l'unité INRAE Écosystèmes forestiers portent sur les pratiques de gestion sylvicole favorables à la production de bois et à la préservation de la biodiversité forestière. ©INRAE - B. Nicolas





Métaprogramme CLIMAE

ENTRETIEN AVEC

Éric Sauquet

Directeur du métaprogramme,
unité de recherche RIVERLY

Dans sa stratégie INRAE 2030, le besoin de recherche pour répondre aux enjeux environnementaux et en particulier climatiques est une priorité bien affirmée de l'institut. Pouvez-vous nous rappeler les objectifs du métaprogramme CLIMAE ?

L'année 2022 a marqué les esprits sur le plan climatique en France métropolitaine. Ces conditions climatiques pourraient bien être la norme en 2050 et interrogent sur les capacités d'adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique et sur leur contribution à l'atténuation. Le métaprogramme CLIMAE, créé en 2021 à la suite du métaprogramme ACCAF (Adaptation au changement climatique de l'agriculture et de la forêt), est une illustration de la mobilisation de la recherche INRAE autour de ces deux questions abordées simultanément. L'objectif de CLIMAE est de produire les connaissances scientifiques nécessaires pour accompagner la transformation, allant au-delà d'ajustements incrémentiels, des systèmes agrialimentaires et forestiers (c'est-à-dire l'ensemble des chaînes de valeur, des ressources et milieux à la consommation) en vue de leur adaptation au climat futur et de leur contribution à l'atténuation. Alors que le temps semble s'accélérer du fait de la répétition récente d'événements extrêmes, le temps long de la recherche nécessite d'anticiper les défis et questions qui nous attendent dans les décennies à venir.

Comment les scientifiques de l'institut se mobilisent-ils ?

La complexité des systèmes, l'évaluation multicritère (y compris économique

et sociale) des solutions envisagées, l'éventail des leviers à mobiliser (régimes alimentaires, transformation et distribution des produits, valorisation des déchets, alimentation des animaux, fertilisation, successions de cultures, variétés et races, gestion de l'eau, usage des sols...) inscrivent ces recherches dans un cadre interdisciplinaire. La communauté autour de CLIMAE s'agrandit à la faveur d'appels à projets lancés en 2021 et 2022, de webinaires trimestriels ouverts à tous et d'actions de communication (ex. : newsletters, Fête de la science). Les chercheurs axés sur l'adaptation et ceux sur l'atténuation dialoguent notamment grâce au métaprogramme. Sept projets ont été soutenus financièrement par CLIMAE, qui se concentrent sur la conception et l'évaluation de systèmes agrialimentaires et forestiers durables associant les objectifs adaptation-atténuation, dans un cadre de transition agroécologique. Ce sont des projets exploratoires, des lieux d'incubation de projets plus ambitieux.

Des thèmes sont-ils privilégiés dans la suite du programme ?

Une des ambitions pour 2023 est de faire émerger une action de recherche emblématique sur l'élevage visant à évaluer la vulnérabilité au changement climatique de certaines filières animales, à construire et à évaluer des scénarios d'évolution contrastés de ces filières et des secteurs qui leur sont liés, à moyen terme (horizon 2050) et qui intègrent les deux dimensions d'adaptation et d'atténuation. Il s'agit aussi d'identifier les freins et leviers à l'évolution des systèmes de production

“

Les conditions climatiques de 2022 pourraient bien être la norme en 2050 et interrogent sur les capacités d'adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique.

”

dans les territoires. Il est important de rappeler que les attentes de solutions pour nourrir les stratégies régionales ou nationales sont fortes. Ainsi, en France, un effort accru devrait être demandé aux secteurs agricole et forestier dans le cadre de la nouvelle Stratégie nationale bas carbone (SNBC) concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ainsi qu'un doublement des puits de carbone. Par ailleurs, dans son projet de pacte et de loi d'orientation et d'avenir agricoles, le ministère en charge de l'agriculture fait de l'adaptation et de la transition face au changement climatique une de ses priorités.

Le rôle du microbiote foliaire dans la tolérance des arbres à la sécheresse

La réponse des arbres à la sécheresse dépend de nombreux facteurs, y compris de leurs interactions avec des microorganismes (champignons, bactéries...). Les interactions qui ont lieu dans le sol, comme celles avec les champignons mycorhiziens, sont les mieux connues. Les interactions qui ont lieu au niveau des feuilles sont moins étudiées. Pourtant, quelques travaux montrent que les microorganismes foliaires peuvent altérer le transport de l'eau et pourraient donc moduler l'effet de la sécheresse sur les arbres

forestiers. Cette hypothèse a été explorée à la canopée de la forêt amazonienne. Les analyses génétiques ont révélé, parmi les 15 000 espèces microbiennes identifiées, une vingtaine d'espèces de champignons dont l'abondance est corrélée positivement ou négativement à la tolérance des arbres à la sécheresse. Des premiers résultats qui permettent d'orienter de futures études expérimentales pour confirmer le rôle de ces microorganismes.

Phytobiomes Journal
doi.org/10.1094/PBIOMES-04-22-0023-R



BRÈVE

Visualiser l'évolution des conditions climatiques en alpages

Dans le cadre du programme Alpages Sentinelles, des scientifiques d'INRAE, en partenariat avec Météo-France, ont développé un nouveau service, sous la forme d'une interface web qui permet de visualiser le profil climatique de plus de 2 700 alpages des Alpes françaises et leur évolution depuis 60 ans. Cet outil facilitera la prise de conscience et l'identification, par tous les acteurs, des pratiques et stratégies d'adaptation à mettre en œuvre en fonction des caractéristiques propres à chaque alpage.

Agronomy for Sustainable Development
doi.org/10.1007/s13593-022-00776-6



Forêt tropicale en Guyane française.
 Unité Écologie des forêts de Guyane.
 ©INRAE - C. Maître



Biodiversité : un patrimoine mieux préservé et un levier d'action davantage mobilisé



24

Une nouvelle approche pour la surveillance de la biodiversité dans les milieux aquatiques

La surveillance de la biodiversité des milieux aquatiques est limitée par des méthodes d'échantillonnage souvent invasives et par le besoin d'une compétence experte pour l'identification taxonomique des organismes. Des méthodes basées sur la présence dans le milieu de traces d'ADN des organismes qui y vivent, aussi appelé ADN environnemental (ADNe), permettent désormais de dépasser ces limites. Pour faciliter cette approche, les chercheurs ont évalué la capacité des biofilms naturels présents dans tous les milieux aquatiques à jouer un rôle de capteur des molécules d'ADNe. L'ADN extrait de ces biofilms a permis de produire avec succès des inventaires de biodiversité des communautés de macroinvertébrés en cours d'eau et de poissons en lac. Au-delà de cette preuve de concept, cette méthode a montré sa capacité à révéler des variations spatiales et temporelles de la présence de différentes espèces de poissons, en lien avec leurs habitats et leur phénologie. Ce type de suivi pourra par exemple se révéler particulièrement utile pour des sites faisant l'objet d'opérations de restauration.

[Molecular Ecology Resources
doi.org/10.1111/1755-0998.13568](https://doi.org/10.1111/1755-0998.13568)



Étude d'impact de produits phytosanitaires à des concentrations variables sur des échantillons de biofilms.
Unité Écosystème aquatiques et changements globaux (EABX).
©INRAE - B.Nicolas

Les bénéfices de la biodiversité agricole

Les chercheurs ont examiné l'effet des pratiques agricoles et du paysage sur la biodiversité, les fonctions écologiques et les rendements agricoles, sur des parcelles de grandes cultures céréalières. Leurs travaux, réalisés sur un site dédié aux expérimentations de long terme, indiquent que les pratiques agricoles qui diminuent la biodiversité agricole limitent par ailleurs l'expression du potentiel de rendement des cultures. En revanche, les paysages agricoles hétérogènes sont un levier d'action considérable pour maintenir la stabilité des rendements agricoles face à des événements climatiques défavorables plus fréquents. Des résultats qui invitent à la poursuite de l'exploration de l'intérêt de la biodiversité agricole et des fonctions écologiques pour garantir les rendements des grandes cultures.

[Agriculture, Ecosystems & Environment
doi.org/10.1016/j.agee.2021.107810](https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107810)

L'intérêt des cultures associées

Face aux besoins alimentaires d'une population mondiale en croissance, sécuriser la production agricole tout en réduisant son empreinte environnementale est indispensable. La diversification des cultures est l'une des solutions agroécologiques proposée pour intensifier durablement l'agriculture. Afin d'évaluer objectivement l'intérêt des cultures plurispécifiques dans un contexte agricole moderne, une équipe de chercheurs français, néerlandais et chinois a engagé une analyse approfondie de la performance productive des cultures associées, à partir d'une vaste base de données mondiale incluant les résultats de 226 expérimentations agronomiques. Cette analyse montre que la culture simultanée de plusieurs espèces dans une même parcelle agricole permet d'obtenir une quantité de protéines en moyenne similaire, et même souvent supérieure, à celle que produirait l'espèce végétale la plus productive lorsqu'elle est cultivée seule. Ces résultats doivent inciter à maintenir une pratique traditionnelle largement utilisée dans les pays du Sud, remise en cause par l'urbanisation et le déplacement de main d'œuvre vers les villes, et qui reste une pratique peu utilisée dans les pays occidentaux.

PNAS
doi.org/10.1073/pnas.2201886120

Parcelle expérimentale de culture alternée de vesce et de céréale.
 Centre Île-de-France - Versailles-Saclay.
 ©INRAE - M. Gosselin



Caractérisation de la diversité des levures dans la filière de la boulangerie au levain

Face aux changements globaux, le développement de filières alimentaires durables qui s'appuient sur la biodiversité est nécessaire. Les chercheurs se sont intéressés à la diversité microbienne dans les filières françaises à faibles intrants de la boulangerie au levain, du blé au pain. L'analyse des flux microbiens le long de la filière du blé au pain suggère que les espèces microbiennes des levains ont pour origine l'environnement local de la boulangerie. Au-delà de la levure de boulangerie, *Saccharomyces cerevisiae*, les levures du genre *Kazachstania* sont prédominantes dans les levains et leur distribution dépend des pratiques des boulangers. Certaines espèces de *Kazachstania* ont une meilleure performance en fermentation que celles venant d'autres environnements, suggérant qu'elles ont été domestiquées par les pratiques boulangères. Ces observations sont le fruit de plusieurs années de recherche participative avec de nombreux professionnels en boulangerie. Les travaux se poursuivent pour mieux comprendre l'évolution de ces espèces et leur apport sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques du pain.

Peer Community Journal
[10.24072/pcjournal.237](https://doi.org/10.24072/pcjournal.237)
 Genome Biology and Evolution
[10.1093/gbe/evac007](https://doi.org/10.1093/gbe/evac007)
 Molecular Ecology
[10.1111/mec.16630](https://doi.org/10.1111/mec.16630)



Compréhension et mobilisation des mécanismes d'adaptation du vivant pour la sélection génétique et la préservation de la biodiversité

Abeille.
Département Santé des plantes et environnement.
©INRAE - N.Morison



Une stratégie commune des plantes pour s'adapter aux environnements extrêmes

Le désert d'Atacama en Amérique du Sud est l'une des régions les plus inhospitalières de la planète. Selon l'altitude se succèdent stress thermique, stress hydrique et forte salinité, sol pauvre en azote, très forte intensité lumineuse. Les scientifiques se sont intéressés aux mécanismes d'adaptation des plantes à ces conditions extrêmes grâce à la métabolomique, l'étude de l'ensemble des molécules impliquées dans le métabolisme d'un organisme vivant. Ils ont identifié des marqueurs moléculaires communs aux 24 espèces étudiées permettant de prédire l'environnement dans lequel elles vivent (altitude, variations de température, déficit en eau...). Ces molécules sont également présentes dans des espèces végétales cultivées sous d'autres climats comme des poacées (maïs), des fabacées (pois), des solanacées (tomates) ou des astéracées (tournesol). Des résultats qui pourraient permettre d'accélérer la sélection d'espèces végétales répondant à des stress environnementaux précis.

[New Phytologist](#)
doi.org/10.1111/nph.18095



Combien de mâles pour les reines des abeilles domestiques *Apis mellifera* ?

Face aux pertes de colonies d'abeilles mellifères, les apiculteurs s'intéressent de plus en plus à l'amélioration génétique pour accroître la rusticité et la productivité de leurs colonies, car ces caractéristiques dépendent pour partie du patrimoine génétique des populations d'abeilles utilisées. Toutefois, plusieurs spécificités biologiques de l'abeille domestique rendent son amélioration gé-

nétique plus complexe que celle d'espèces animales d'élevage classiques. Par exemple, la polyandrie, c'est-à-dire l'accouplement d'une reine avec plusieurs mâles et la complexité des caractères d'intérêt apicole qui correspondent à l'expression des performances de milliers d'ouvrières. Afin d'obtenir des colonies très homogènes, certains apiculteurs-sélectionneurs accouplent leurs reines vierges par insémination artificielle avec un unique mâle au lieu des 10 à 20

faux bourdons usuellement employés. Les chercheurs ont exploré les conséquences génétiques à long terme de cette méthode de reproduction. Les résultats ne sont pas en faveur de l'insémination avec un mâle unique car la consanguinité moyenne des reines serait accrue de 50 % par rapport à une reproduction en polyandrie, sans pour autant améliorer significativement les performances des colonies.

[Genetics Selection Evolution](#)
doi.org/10.1186/s12711-021-00665-8

La stratégie de sélection du maïs doit s'adapter au changement climatique

La sélection a fait fortement progresser les rendements du maïs au cours de ces 60 dernières années. Ce progrès est lié à des caractères simples comme les durées respectives des différentes phases du cycle de vie de la plante ou son architecture. En revanche, les caractères d'adaptation comme la sensibilité de la croissance à la sécheresse ou l'efficacité de l'eau n'ont pas progressé, bien qu'une forte variabilité génétique existe au sein des différentes variétés naturelles du maïs. Une étude a comparé 66 variétés de maïs commercialisées de 1950 à 2015 dans 30 parcelles expérimentales en Europe sous différentes conditions climatiques. Les résultats indiquent que les rendements ont augmenté rapidement, avec la même vitesse, quel que soit le climat. Les programmes de sélection, en s'appuyant sur des caractères généraux, visaient un même rendement moyen, quelles que soient les conditions climatiques. Dans le contexte du changement climatique, stabiliser les rendements demandera que les futurs programmes de sélection incluent les caractères d'adaptation à des conditions chaudes et sèches, caractères qui n'ont pas contribué jusqu'à maintenant au progrès génétique.

Nature Communications
doi.org/10.1038/s41467-022-30872-w

La stratégie complexe d'un virus de plante pour maintenir l'intégrité de son génome

Les virus multipartites encapsident dans des particules virales distinctes leurs différents segments génomiques. Ils font ainsi face à un coût très élevé si l'entièreté de l'information génétique doit être présente de manière concomitante pour que le virus infecte une cellule ou soit transmis à un hôte. Ces virus représentent 35 à 40 % des genres et familles de virus de plantes et leur biologie

BRÈVES

Un outil efficace pour lutter contre la paratuberculose bovine

Cette maladie contagieuse, incurable et difficile à contrôler est causée par la bactérie *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis*. En combinant les données de surveillance sanitaire, collectées dans les élevages bovins, et les données de génotypage, produits en routine pour la sélection génomique, les chercheurs ont pu préciser le déterminisme génétique de la résistance à la maladie et montrer que ce caractère est sélectionnable, et qu'il peut être prédit grâce à l'information génomique des animaux.

Genetic Selection Evolution
doi.org/10.1186/s12711-022-00757-z



Jean-Christophe Simon, directeur de recherche à l'Institut de génétique environnement et protection des plantes (IGEPP), INRAE Bretagne-Normandie, lauréat du Conseil européen de la recherche (ERC Advanced grant)

Son projet, ALTEREVO, porte sur la compréhension de la plasticité phénotypique des insectes et plus particulièrement le polyphénisme, c'est-à-dire leur capacité à produire des formes très différentes selon les conditions environnementales. ALTEREVO explore plus particulièrement le polyphénisme nutritionnel du puceron, sa régulation et sa mise en place au cours de l'évolution.



reste peu élucidée. Une étude réalisée sur le faba bean necrotic stunt virus (FBNSV) apporte la preuve que l'infection d'une plante hôte par des génomes complets du FBNSV peut mobiliser différents processus. Deux modalités ont été identifiées : la transmission de différents segments par différents pucerons vecteurs à une même plante, ou l'acquisition et la « collecte » de différents segments sur différentes plantes par un même puceron vecteur, puis leur transmission à une nouvelle plante hôte. Ce phénomène unique peut faciliter le maintien de l'intégrité génomique chez les virus multipartites au moment de la transmission interhôte. Plus généralement, il s'agit de la première description d'une entité biologique qui soit capable de transmettre séparément ses différents gènes d'une génération à l'autre, démultipliant à l'extrême le potentiel des échanges génétiques.

PNAS

doi.org/10.1073/pnas.2201453119

Une nouvelle approche pour détecter les anomalies génétiques responsables de mortalité précoce ou de défauts de développement chez les ruminants

Les anomalies génétiques sont héréditaires et affectent la morphologie, la santé et la viabilité des individus qui en sont porteurs. La génomique offre des méthodes puissantes pour identifier, décrire et gérer ces mutations. L'approche classique repose sur l'étude des animaux atteints et la comparaison de leur ADN à celui d'animaux sains, ce qui permet d'identifier les mutations responsables. Cependant, lorsque la mutation provoque la mort des animaux (notamment au stade embryonnaire), les échantillons d'ADN nécessaires à cette approche ne sont pas disponibles. Les chercheurs adoptent alors des approches dites de génomique inverse, tirant parti des nombreux génotypes obtenus dans le cadre de la sélection génomique. Des analyses statistiques

dédiées permettent de repérer des régions du génome pour lesquelles certaines combinaisons génétiques attendues sont absentes de la population, permettant de suspecter une mortalité précoce des individus qui auraient dû être porteurs de ces associations. Par cette approche les chercheurs ont identifié des anomalies d'origine génétique responsables de la mort précoce ou de malformations cardiaques des veaux Holstein, ou d'une forme de palais fendu dans la race Limousine. Une approche similaire chez le mouton a permis d'identifier une mutation prédisposant à une pneumonie infectieuse grave chez les agneaux de moins d'1 mois.

Genes

doi.org/10.3390/genes13010045

Journal of Dairy Science

doi.org/10.3168/jds.2022-22365

Genetics Selection Evolution

doi.org/10.1186/s12711-022-00762-2

Domaine de la Sapinière à Osmoy (18),
unité expérimentale pluriespèce sur l'amélioration génétique
et la sélection animale.

©INRAE - G. Cattiau





Évaluation et gestion des risques naturels et climatiques



Le brûlage dirigé est une méthode de prévention qui permet d'éliminer les broussailles et la litière par lesquelles le feu se propage, sans détruire les arbres.
©INRAE - C. Maître



Améliorer la prédiction du risque incendie

Actuellement, les services de lutte contre les incendies appuient leurs prévisions sur des indices climatiques et météorologiques. Le fonctionnement de la végétation n'est pas pris en compte. Or, le contenu en eau des feuilles des arbres est un facteur clé dans la propagation des incendies ; et le lien entre la réponse de la végétation à la sécheresse et le risque incendie était jusqu'à présent peu étudié. Des spécialistes du fonctionnement hydrique des plantes et des feux de forêt ont développé le premier modèle de prédiction de la teneur en eau des couverts végétaux intégrant les mécanismes de réponse des arbres à des sécheresses du sol et

de l'atmosphère. Ce modèle pourra aider à la prévision du risque incendie en intégrant le fonctionnement de la végétation.

[New Phytologist
doi.org/10.1111/nph.18614](https://doi.org/10.1111/nph.18614)

Un modèle pour évaluer les impacts hydrologiques et agricoles des retenues d'eau

Le stockage d'eau dans des retenues comme solution d'adaptation de l'agriculture au changement climatique et aux sécheresses est l'objet de controverses. Celles-ci sont nourries, en partie, par le déficit de connaissances et de méthodes capables de mieux comprendre et de quantifier les causes et l'intensité des impacts cumulés environne-

mentaux, notamment hydrologiques, des retenues ainsi que leur intérêt afin de sécuriser les rendements des cultures. Pour pallier ce déficit, un modèle agrohydrologique, Mhydas-small-reservoirs, a été développé. Son originalité réside dans sa capacité à simuler, au niveau de chaque parcelle, les impacts locaux et cumulés des retenues sur le régime hydrologique le long du réseau hydrographique ainsi que sur le rendement des cultures. Ce modèle constitue également un outil d'exploration des scénarios envisageables sur un territoire en matière de densité de retenues et de modes de gestion de l'eau ainsi stockée.

[Environmental Modelling & Software
doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105409](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105409)

Orientation scientifique

Accélérer les transitions agroécologique et alimentaire en tenant compte des enjeux économiques et sociaux



La reconception en profondeur des systèmes de production agricoles et des systèmes alimentaires est nécessaire pour répondre aux besoins alimentaires, en quantité et qualité, des populations humaines, tout en limitant les effets négatifs des pratiques de production. Différents leviers et les modalités de leur articulation font l'objet de recherches au sein d'INRAE : régulations biologiques, diversité génétique, diversité des productions et des systèmes de production végétaux et animaux, évolution des régimes alimentaires, etc. Parce que les transitions ne se limitent pas à une problématique technique, les recherches abordent aussi certains des enjeux socioéconomiques qui leur sont associés.



Progression vers des agricultures sans pesticides de synthèse



Adulte de *Perillus bioculatus* (punaise oophage) se nourrissant d'œufs de *Leptinotarsa decemlineata* (doryphore).
©INRAE - J. Daumal

identifiés 49 gènes de plantes dans le génome de l'insecte. C'est la première fois que sont identifiés des transferts de gènes entre plantes et insectes en si grand nombre. La majorité ont un rôle connu dans les relations plantes et parasites. Leur présence résulte d'un long processus de sélection naturelle de gènes de plantes chez l'insecte, qui a permis à l'aleurode de s'adapter à une large gamme d'espèces végétales. Cette étude ouvre de nouvelles perspectives de recherche sur les relations entre plantes et insectes ravageurs mais aussi pour des moyens de lutte en agriculture.

[Genome Biology and Evolution](#)
doi.org/10.1093/gbe/evac141

Stimuler les défenses naturelles des plantes pour se défendre des maladies

Un des leviers les plus puissants pour une protection durable des cultures est l'immunité naturelle des plantes. Cependant, la capacité des agents pathogènes à évoluer face à l'immunité de la plante, et ainsi échapper à la reconnaissance du système de défense de la plante, constitue une difficulté. Des études récentes montrent que les récepteurs immunitaires de la plante peuvent porter des éléments particuliers, ressemblant à des composantes de la plante, qui agissent comme des leurres. Ciblés par le pathogène, ils agissent comme un piège et ils déclenchent alors une forte réponse de défense de la plante. Les chercheurs ont optimisé les propriétés d'un de ces leurres chez le riz. Ils ont « appris » au récepteur à

reconnaître de nouveaux signaux d'un champignon pathogène. Ces résultats pionniers dans ce domaine sont prometteurs. Ils constituent une piste vers le développement de nouveaux récepteurs immunitaires chez les plantes cultivées.

[Nature Communications](#)
doi.org/10.1038/s41467-022-29196-6

Clarifier les interactions plantes-insectes ravageurs

L'aleurode du tabac est l'un des principaux insectes ravageurs des cultures des régions tropicales et subtropicales. Les modalités de contournement des mécanismes de défense des plantes sont complexes et font l'objet de nombreux travaux de recherche. En étudiant le génome de l'aleurode, les chercheurs ont

L'allélopathie au service de la transition agroécologique

L'agriculture fait face au défi de la transition agroécologique, avec notamment la nécessité de réduire progressivement l'usage des herbicides. Dans ce contexte, l'utilisation des propriétés allélopathiques des végétaux, c'est-à-dire la capacité d'une plante à influencer la croissance des plantes voisines via la libération de composés chimiques, apparaît comme un levier intéressant pour favoriser la régulation biologique des adventices. À ce jour, peu de composés allélopathiques ont été identifiés et les connaissances sur les mécanismes moléculaires sont limitées. Des travaux récents ont permis d'identifier des gènes candidats potentiellement impliqués dans la biosynthèse de

signaux allélopathiques, comme les glucosinolates chez *Arabidopsis*. La validation du rôle herbicide des glucosinolates libérés par les racines de colza est en cours en vue de permettre de proposer des variétés allélopathiques comme levier de régulation biologique des adventices.

Trends in Plant Sciences

doi.org/10.1016/j.tplants.2022.08.014



^
Plantes modèles (colza) dans les serres d'INRAE Versailles. ©INRAE - B. Nicolas

La viticulture française a encore un potentiel de réduction des produits phytosanitaires sans baisse de rendement

Face aux préoccupations sociétales croissantes concernant l'impact des pesticides sur l'environnement et la santé, la viticulture se doit de réduire sa dépendance aux produits phytosanitaires. Le réseau DEPHY-Ferme a été créé en 2010 afin d'initier et stimuler la transition agroécologique et répondre aux enjeux ambitieux définis dans le cadre du plan Écophyto. Avec plus de 10 années de recul, les données du réseau DEPHY-Ferme rassemblées dans une base de données constituent une ressource importante pour étudier les leviers de réduction des produits phytosanitaires. L'analyse des données a permis de mettre en évidence le potentiel important de réduction rapide des pesticides pour l'ensemble de la filière

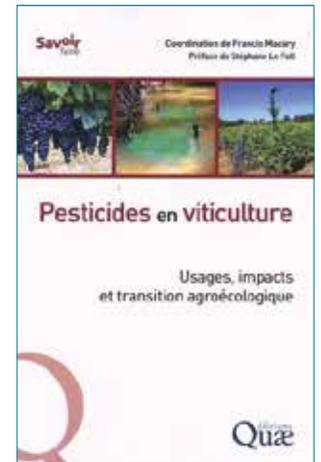
À LIRE

Pesticides en viticulture

Des chercheurs issus de diverses disciplines (agronomes, agroécologues, agroéconomistes, chimistes de l'environnement, hydrobiologistes, écologues, écotoxicologues) se sont associés pour apporter des explications scientifiques, étayées par leur expérience, sur les usages et impacts des pesticides.

Les auteurs explorent les stratégies d'évolution des systèmes viticoles pour diminuer drastiquement la pression des pesticides sur les écosystèmes. Ils examinent l'action des politiques publiques d'accompagnement de ces stratégies.

Francis Macary,
INRAE (coordination éditoriale)
Stéphane Le Foll (préface)
Éditions Quæ, 2023, 232 p.



BRÈVE

DeciControl, une appli pour favoriser le déploiement du biocontrôle

L'utilisation des produits de biocontrôle est complexe car elle repose souvent sur des mécanismes de régulation naturelle, en particulier dans le cas de l'utilisation de microorganismes. DeciControl est une application qui vise à favoriser la bonne utilisation des produits de biocontrôle contre les maladies et ravageurs des plantes. L'outil, disponible sur smartphone, propose des solutions de biocontrôle appropriées à chaque situation rencontrée par les agriculteurs. L'appli est en constante amélioration grâce à de nombreux partenariats et financements (consortium Biocontrôle, FranceAgriMer, Union européenne).

 url.inrae.fr/3GStvz5

viticole française, principalement grâce à un ajustement des doses à certaines périodes du cycle de la vigne ou à la substitution de produits de synthèse par des produits de biocontrôle. Cependant, une variabilité inter- et intra-annuelle forte est observée entre fermes. Une diversité de trajectoires de réduction des pesticides est observée selon les leviers mis en œuvre et le degré de dépendance aux pesticides à l'entrée dans le réseau DEPHY. Sur la base des observa-

tions dans ce réseau de fermes pilotes il est possible d'imaginer que l'ensemble de la filière puisse réduire l'usage des pesticides d'au moins 35 %.

European Journal of Agronomy
doi.org/10.1016/j.eja.2022.126503



Des récepteurs olfactifs au biocontrôle des insectes ravageurs

ENTRETIEN AVEC

Emmanuelle Jacquin-Joly

Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris (iEES-Paris)

Chercheuse à INRAE, vous travaillez sur l'olfaction des insectes. D'où vous vient cette passion ?

L'olfaction est un véritable langage, partagé des insectes à l'être humain. Cependant, contrairement aux autres sens comme la vue ou l'audition, les mécanismes olfactifs sont restés longtemps méconnus, jusqu'à la découverte des récepteurs olfactifs d'abord chez les rongeurs (ce qui a valu le prix Nobel de médecine en 2004 à leurs découvreurs), puis chez la drosophile, insecte modèle par excellence en biologie. Ces récepteurs olfactifs, protéines localisées dans les membranes des neurones olfactifs, participent à la toute première étape de la sensation olfactive, en détectant les odeurs qui circulent. De façon tout à fait étonnante, on s'est aperçu que les récepteurs olfactifs des insectes et des mammifères n'ont rien en commun, ni leur séquence, ni leur structure, ni leur fonctionnement, bien qu'ils jouent le même rôle dans la détection des odeurs. Les insectes ont véritablement « inventé » un nouveau type de récepteurs pour leur communication. Je suis fascinée par les questions que cela pose sur leur origine évolutive. J'aime également la multidisciplinarité que nécessite l'étude de l'olfaction. De la chimie des molécules odorantes, des études moléculaires et structurales des récepteurs, des réponses électriques des neurones à l'analyse des comportements induits, nous devons mobiliser différents savoir-faire qui se complètent.

Des développements méthodologiques ont-ils été nécessaires pour étudier le fonctionnement de ces récepteurs ?

Oui ! Une technique incomparable que nous avons adaptée pour l'étude des récepteurs olfactifs est de les exprimer artificiellement dans un neurone « vide » de drosophile, donc in vivo. Pour cela, nous utilisons des drosophiles mutantes générées aux États-Unis, dont certains neurones olfactifs ont été dépourvus de leur propres récepteurs. Donc ces neurones ne sentent rien, jusqu'à ce qu'on y introduise les récepteurs que nous souhaitons étudier. Les réponses obtenues après stimulation olfactive représentent les réponses des récepteurs introduits ! Par ce tour de passe-passe, nous avons identifié des récepteurs clefs dans, par exemple, l'agrégation du charançon rouge des palmiers, l'attraction sexuelle des noctuelles, les choix alimentaires des chenilles, etc.

Quelles sont les applications de vos recherches en terme de lutte contre les insectes ravageurs ?

Nos travaux sur les récepteurs trouvent deux grandes sorties en matière de protection des cultures. La première est la lutte directe par manipulation des comportements des insectes par le biais des odeurs, un des leviers du biocontrôle. Nous utilisons nos récepteurs olfactifs comme outils de criblage pour sélectionner de nouvelles

“

Les récepteurs olfactifs des insectes et des mammifères n'ont rien en commun, ni leur séquence, ni leur structure, ni leur fonctionnement.

”

odeurs actives. Ce criblage peut être expérimental (via les drosophiles aux neurones vides), ou virtuel, via l'intelligence artificielle et la modélisation. Si nous avons déjà apporté la preuve de concept de l'efficacité de ce type de criblage sur la noctuelle du coton, nous travaillons aujourd'hui à sa généralité. Par exemple, nous sommes impliqués dans le plan Sortie du phosmet (un insecticide qui vise les ravageurs du colza). Une autre application de nos travaux se place dans le contexte de la surveillance des ravageurs. Nos récepteurs sont à la base du développement d'une nouvelle génération de biosenseurs qui seront capables de détecter l'arrivée ou la présence d'insectes en détectant leurs odeurs. Quoi de plus sensible et efficace qu'un récepteur d'insecte pour détecter un insecte ! C'est tout l'objectif de notre projet Pherosensor, financé par le Programme prioritaire de recherche « Cultiver et protéger autrement ».

Cellular and Molecular Life Sciences
hal.inrae.fr/hal-03635144



Transition des élevages



34

Bien-être animal : une évaluation des capacités cognitives de la poule domestique

Le concept de bien-être animal, y compris chez les animaux d'élevage, implique la notion de santé mentale et suppose de connaître l'étendue des capacités mentales des animaux. Néanmoins, contrairement à d'autres espèces comme les corvidés ou les primates, les connaissances sur les capacités mentales des animaux d'élevage restent très limitées. Ces connaissances sont pourtant essentielles pour évaluer correctement le bien-être de ces animaux ou proposer des améliorations en élevage qui soient en adéquation avec leur univers mental. Dans cette étude, les chercheurs ont testé si la poule domestique pouvait résoudre une tâche relativement complexe : le test de reconnaissance différée. La complexité de cette tâche réside dans le fait qu'à chaque essai, un symbole différent est présenté. La réussite de l'animal à ces tests illustre que le répertoire cognitif de la poule domestique est bien plus étendu que ce qui était imaginé. Ces capacités leur sont essentielles pour s'adapter à leur environnement et sont déterminantes pour leur bien-être.

Animal
doi.org/10.1016/j.animal.2022.100607



Une agricultrice avec une de ses poules élevées en prairie bio.
 ©INRAE - S. Toillon

Une solution pour remplacer l'utilisation des hormones exogènes dans les élevages

Le contrôle de la reproduction en élevage chez les petits ruminants repose principalement sur l'utilisation d'hormones exogènes le plus souvent extraites du sérum de jument. Cette utilisation est remise en question par la société et elle est de plus en plus réglementée par l'Union européenne. Le besoin en solutions alternatives est réel et pressant, avec un cahier des charges légitimement exigeant. À partir d'analogues d'un neuropeptide endogène, la kisspeptine, qui joue un rôle central dans le contrôle de la reproduction, les chercheurs ont pu obtenir des ovulations en contre-saison chez des brebis sans avoir recours à un prétraitement hormonal. Les perspectives de recherche s'orientent vers une utilisation de cet analogue dans le contrôle de la reproduction d'autres espèces domestiques, mais aussi d'espèces sauvages en voie de disparition.

Journal of Neuroendocrinology
doi.org/10.1111/jne.13121

Une combinaison de leviers au service d'une aquaculture durable

Alors que la pêche a atteint ses limites, la demande en poissons augmente chaque année. Dans ce contexte, l'aquaculture constitue une alternative, à condition qu'elle soit durable tout en permettant une production de qualité. INRAE, le groupe Aqualande et sa société de sélection et reproduction de truites « les Sources de l'Avance », et le Syndicat des sélectionneurs avicoles et squacoles français (SYSAAF) ont réalisé le bilan de 20 ans d'un programme de sélection de truites arc-en-ciel conduit par l'entreprise. Ils ont comparé la croissance et le besoin en aliments des truites issues de ce programme avec ceux de truites non sélectionnées. Leurs résultats montrent que, pour assurer la même croissance des poissons, il faut aujourd'hui 17 à 20 % d'aliments en moins avec les truites sélectionnées, ce qui réduit d'autant l'impact environnemental de leur élevage. Un aliment durable produit localement, sans huile ni farine de poisson et sans soja, a également été testé sur les deux groupes de poissons. Les gains de croissance, et les qualités nutritives sont conservés. L'élaboration d'aliments innovants visant un compromis entre réduction du coût et impact environnemental plus faible reste d'actualité. Une étude récente a permis d'élaborer un nouvel aliment pour répondre à cet objectif. La croissance des truites était similaire à celle observée avec des aliments commerciaux. L'amélioration génétique et la mise au point d'aliments innovants peuvent être efficacement combinées pour contribuer à une aquaculture plus durable.

[Aquaculture Reports](#)

doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101363

[Aquaculture](#)

doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738826



BRÈVE

Une application smartphone pour aider les éleveurs cynicoles

Dans le cadre d'un projet participatif mené en collaboration avec l'Association des éleveurs de lapins bio de France (AELBF), l'Institut technique de l'agriculture biologique (ITAB) et l'université de Perpignan, INRAE a développé un outil informatique simple pour la gestion assistée des élevages de lapin, GAELA. Cette application fournit également des références techniques pour favoriser le développement de systèmes cynicoles alternatifs comme en Agriculture biologique. Cet outil, dont l'utilisation pourra être étendue à d'autres types d'élevage, a été récompensé par une étoile Innov'Space au Salon international de l'élevage (Space) 2022.



Truite arc-en-ciel.
Département Physiologie animale et systèmes d'élevage.
©INRAE - G. Choubert



Construction des qualités des régimes alimentaires



Blé tendre (BAROK).
©INRAE - J. Weber

Des variétés de blé au gluten plus digestible

Le blé tendre, à la base de l'alimentation humaine, est consommé sous forme de produits transformés (pain, biscuits...). Le gluten, réseau formé par les protéines de réserve du grain, rend possible ces transformations en conférant à la pâte des propriétés de viscoélasticité. Mais il est à l'origine d'allergies, de la maladie cœliaque, et peut-être de la sensibilité non cœliaque au gluten, en raison notamment de sa résistance à l'hydrolyse par les enzymes digestives. Obtenir des variétés de blé tendre pour lesquelles les protéines du pain seraient plus digests est donc un enjeu sociétal et une cible de sélection. À partir de 17 variétés inscrites avant ou après 1960 (anciennes vs modernes), panifiées chacune selon un procédé standard, les chercheurs ont mis en évidence l'existence d'une variabilité génétique pour la digestibilité *in vitro* des protéines des pains ainsi obtenus. En revanche, il n'y a pas de différence de digestibilité entre les variétés

anciennes et modernes. Enfin, les caractéristiques du grain ou de la farine permettraient une sélection indirecte pour le caractère de digestibilité.

Journal of Cereal Science
doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103533

Pourquoi certains arômes sont plus persistants que d'autres en bouche

La durée de perception des notes aromatiques, qu'elles soient agréables ou non, a un impact très important sur le plaisir de manger. Les chercheurs ont décortiqué les mécanismes moléculaires se déroulant en bouche. Ils ont utilisé un modèle cellulaire de muqueuse orale unique au monde, qui recrée pour la première fois la fine couche de protéines salivaires ancrées à la surface de nos cellules buccales, appelée pellicule muco-salivale. Les résultats obtenus montrent que les arômes interagissent avec la pellicule muco-salivale et sont retenus par cette dernière. D'autre part, certaines molécules

d'arômes sont métabolisées ou non en fonction de leur structure chimique par les enzymes salivaires ou les cellules de la muqueuse orale. Dans la suite de l'étude, la cavité nasale de 54 volontaires a été reliée à un spectromètre de masse, permettant de suivre la libération des molécules d'arôme. Les scientifiques ont observé que les molécules d'arôme non métabolisées disparaissaient moins rapidement que celles métabolisées, avec l'apparition de nouvelles molécules issues de cette activité métabolique. Une partie du panel a ensuite évalué l'intensité aromatique au cours du temps d'une molécule métabolisée et d'une autre non métabolisée, et confirmé une diminution plus rapide de l'intensité aromatique de la molécule métabolisée. Ces approches combinées montrent pour la première fois que la muqueuse orale joue un rôle dans la persistance des arômes.

Food Chemistry
doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131467



Une alimentation saine et durable, pour tous

Le climat du continent européen est compatible avec une autosuffisance du continent en soja

Les surfaces de culture de soja en Europe augmentent continuellement depuis 20 ans, mais les importations restent largement majoritaires dans la consommation du continent. Actuellement, l'Europe importe près de 90 % du soja qu'elle consomme, en provenance des États-Unis et du Brésil pour la majorité, et destiné essentiellement à l'alimentation animale. Les chercheurs ont développé une approche de modélisation reposant sur l'utilisation conjointe de bases

de données mondiales agronomiques et climatiques et d'algorithmes d'apprentissage automatique. Grâce à cela, ils ont pu réaliser des projections de rendement de soja à l'échelle du continent, directement à partir des données disponibles, selon différents scénarios de surfaces de cultures et en fonction des projections des conditions climatiques présentes et futures. Une autosuffisance serait atteignable en consacrant 11 % des terres cultivées européennes au soja.

Nature Food
doi.org/10.1038/s43016-022-00481-3



BRÈVE

INRAE et le Réseau français des instituts techniques de l'agroalimentaire (ACTIA) renforcent leur coopération

Face aux enjeux auxquels le secteur est durablement confronté, INRAE et l'ACTIA veulent renforcer leurs synergies et leur efficacité en mettant en œuvre un accord-cadre de coopération pour 5 ans. Les deux organismes, complémentaires, s'engagent ainsi à traiter conjointement des questions transversales aux filières et aux disciplines, à forte sensibilité sociétale. Les enjeux de sécurité sanitaire, de qualité nutritionnelle et gustative, de l'impact environnemental et de la performance des entreprises agroalimentaires seront au cœur de leurs échanges.



Examen visuel des plants dans une parcelle de soja sur le domaine expérimental d'Époisses dépendant du centre INRAE de Dijon.
 ©INRAE - B. Nicolas

Analyse de l'impact environnemental des aliments

L'alimentation humaine est responsable d'importants impacts environnementaux, qu'il est nécessaire d'étudier afin d'identifier les solutions permettant de les réduire. Des disparités d'impact entre différents produits ont déjà été documentées. Cependant, très peu d'éléments sont disponibles sur ce qu'il en est au sein d'une même catégorie de produits. Les impacts environnementaux d'un échantillon de 80 pizzas industrielles représentatives du marché français et de 44 fromages AOP artisanaux français ont été quantifiés par analyse du cycle de vie. Les résultats indiquent que la variabilité intracatégorie est importante et que de ce fait substituer un produit par un autre au sein de la catégorie peut s'avérer très bénéfique. Par ailleurs, le choix et la quantité d'ingrédients utilisés ont été identifiés comme étant les principaux leviers d'amélioration environnementale. Actionner ces leviers peut entrer en contradiction avec des objectifs nutritionnels. Ces résultats indiquent qu'il est important de travailler l'écoconception à l'échelle

du produit alimentaire. Une approche multicritère couplant a minima environnement et nutrition s'avère indispensable.

[Journal of Cleaner Production](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130128)
doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130128
[Sustainability](https://doi.org/10.3390/su14159484)
doi.org/10.3390/su14159484

Vers la mise en œuvre de l'étiquetage environnemental des produits alimentaires en France

Les consommateurs demandent de plus en plus d'informations sur l'impact environnemental de leurs aliments. Pour répondre à cette attente, le gouvernement français a, dans le cadre des lois Anti gaspillage pour une économie circulaire (AGEC) et Climat et Résilience, lancé une expérimentation au niveau national pour préparer la mise en place d'un étiquetage environnemental pour tous les produits alimentaires. Celui-ci devra informer les consommateurs sur les impacts en matière d'émissions de gaz à effet de serre, de pollution des eaux, d'usage des ressources ou encore de biodi-

versité associés aux activités de production, de transformation et de distribution des aliments, depuis l'amont agricole jusqu'au consommateur. À la demande des pouvoirs publics, un conseil scientifique, auquel plusieurs chercheurs INRAE ont participé, a été mis en place pour évaluer sa faisabilité, en particulier au regard des connaissances scientifiques disponibles. Les principales conclusions sont présentées dans cet article, à travers 6 questions : Quels sont les enjeux environnementaux à prendre en compte ? Quels objectifs faut-il viser ? Quelles sont les données nécessaires ? Quelles méthodes d'évaluation des impacts environnementaux faut-il privilégier ? Quels scores environnementaux choisir ? Quel format d'étiquetage proposer ? En répondant à ces questions et en proposant des améliorations dans les bases de données et les méthodes disponibles, le conseil scientifique a estimé qu'un système d'étiquetage environnemental des produits alimentaires était faisable et pertinent.

[The International Journal of Life Cycle Assessment](https://doi.org/10.1007/s11367-022-02071-8)
doi.org/10.1007/s11367-022-02071-8



◀

Pizza (illustration).
©AdobeStock



Recherches socioéconomiques mobilisées sur les transitions



Enjeux socioéconomiques liés aux applications des techniques de modification du génome

Les technologies d'édition du génome sont vues comme des outils permettant d'accroître très nettement le potentiel d'innovation en sélection génétique. Néanmoins, l'usage de ces technologies est très discuté, notamment suite à la décision de la Cour européenne de justice de considérer les organismes au génome édité comme des OGM. Des premiers travaux en économie expérimentale menés au sein d'INRAE montrent que de nombreux consommateurs français ont une propension à payer inférieure pour ces produits, par comparaison avec les produits conventionnels, mais supérieure à celle consentie

^
Composition de semences variées Agri-Obtentions. Centre Île-de-France-Versailles-Saclay ©INRAE - J. Weber

pour les produits OGM. En complément, une synthèse de la littérature existante sur les enjeux économiques liés à ces technologies montre que les nombreux travaux sur la réglementation se limitent à une analyse des risques, sans intégrer les conséquences socioéconomiques. Par ailleurs, il existe encore peu d'analyses économiques pour comprendre les effets des différentes stratégies de propriété intellectuelle liées à ces technologies, et pour comprendre les effets économiques de ces innovations sur l'ensemble des filières agricoles.

[Applied Economic Perspectives and Policy
doi.org/10.1002/aep.13208](https://doi.org/10.1002/aep.13208)

[Trends in Food Science and Technology
doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.013](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.013)



PRIX

Le prix 2022 du meilleur article de l'European Review of Agricultural Economics décerné à 2 scientifiques d'INRAE, Laurent Piet (unité SMART) et Yann Desjeux (unité Bordeaux Sciences économiques)

L'article récompensé contribue à l'étude des déterminants des inégalités de revenus entre agriculteurs. En effet, si le revenu des agriculteurs constitue un critère majeur d'évaluation des politiques publiques agricoles comme la Politique agricole commune (PAC) de l'UE, les observations « en moyenne » cachent une grande variété de situations individuelles. La méthode utilisée permet de décomposer l'évolution de la distribution des revenus agricoles comme résultant de l'interaction entre changements structurels des exploitations et variations de prix des produits et des

intrants. Les résultats montrent que le niveau des inégalités de revenus entre agriculteurs est resté globalement le même en France entre 2000 et 2017 et que, l'évolution du contexte économique ayant été relativement plus favorable aux revenus les plus faibles, ces inégalités auraient même pu diminuer si les caractéristiques des exploitations étaient restées inchangées. L'étude indique par ailleurs que les aides de la PAC ont eu un impact redistributif « progressif », les agriculteurs ayant les revenus les plus faibles représentant une part plus importante du revenu total après transfert qu'avant transfert. Ce prix vient couronner le projet de recherche Agr'income financé par le ministère en charge de l'agriculture et réalisé par plusieurs unités INRAE sous le pilotage de l'UMR SMART.

**Laurent Piet**Unité
SMART**Yann Desjeux**Unité
Bordeaux Sciences
économiques**À LIRE****Le commerce agricole et agroalimentaire au XXI^e siècle**

Vingt ans après le dernier survol de la littérature économique sur le commerce agricole, les chercheurs examinent dans un chapitre dédié comment celle-ci s'est développée depuis en lien avec l'évolution des relations internationales, la disponibilité croissante de données et l'émergence de nouvelles théories du commerce. Sont discutées également l'émergence de nouvelles questions politiques telles que le changement climatique, les normes de qualité, la sécurité alimentaire, la volatilité des marchés et la transition alimentaire.

Enfin, les chercheurs identifient les développements futurs possibles concernant ce domaine de recherche très actif, avec un accent particulier sur les préférences des consommateurs, les coûts cachés du commerce, les technologies de production et les structures de marché.

Gaigné C., Gouel C. (2022). Trade in agricultural and food products. Handbook of Agricultural Economics. Elsevier, vol. 6, pages 4845-4931



Impact d'une politique agricole sur l'usage des terres

L'expansion agricole est la cause la plus importante de déforestation tropicale et de perte de biodiversité. Dans la province Équateur de la République démocratique du Congo, cette expansion agricole est majoritairement le fait de petits producteurs qui pratiquent la culture sur brûlis pour une agriculture de subsistance peinant à couvrir leurs besoins. Pour intensifier l'agriculture dans la région, le gouvernement a développé un marché de semences améliorées. Les agriculteurs de la région n'ont toutefois aucun accès à des intrants chimiques. Au total, l'introduction de semences améliorées n'a pas conduit à plus de déforestation par les petits producteurs. Cependant, la nature de la déforestation a changé : ces agriculteurs ont détruit plus souvent de la forêt primaire et moins souvent de la forêt secondaire. Ce résultat est attribuable au fait que le défrichage de la forêt primaire est dans cette région la seule façon d'accéder à des sols suffisamment riches en azote. Les politiques qui promeuvent ces semences pour améliorer la sécurité alimentaire peuvent avoir un coût important en termes de perte de biodiversité, si elles ne sont pas accompagnées d'interventions visant à maintenir la fertilité des sols.

Nature Communication

doi.org/10.1038/s41467-023-37278-2

➤
Exemple de déforestation
en Ouganda
©AdobeStock



Orientation scientifique

Une bioéconomie basée sur une utilisation sobre et circulaire des ressources



©INRAE - S. Compoint

La diversification des bioressources et de leurs usages en cascade est nécessaire pour répondre de façon durable aux besoins alimentaires, à la production de matériaux, de molécules ou d'énergie. Pour y répondre, il est nécessaire d'approfondir l'exploration des structures du vivant en même temps que se développent de nouvelles approches pour la valorisation des coproduits végétaux et animaux ou pour améliorer les procédés de conversion des déchets en énergie. Les recherches des équipes INRAE portent également sur les conditions du développement d'une bioéconomie circulaire durable.



Cycle du phosphore

Vers une gestion plus juste et durable de la ressource en roches phosphatées

L'usage d'engrais minéraux phosphatés en agriculture a permis d'accroître fortement la teneur en phosphore et la fertilité des sols agricoles et, ainsi, les rendements des cultures. Cependant, ces engrais sont fabriqués à partir de roches phosphatées, une ressource non renouvelable et mal distribuée sur la planète. Une équipe de recherche a développé un modèle calculant, pour chaque pays dans le monde, la fraction du phosphore disponible des sols agricoles qui provient des engrais minéraux, et son évolution depuis le milieu du XX^e siècle. Ses travaux montrent qu'en moyenne près de la moitié du phosphore disponible des sols agricoles à l'échelle globale est issue des engrais minéraux, avec de fortes inégalités entre les régions du monde. Il est désormais vivement recommandé pour les pays qui ont fortement intensifié leur agriculture de protéger et de valoriser cette fertilité acquise grâce à un recyclage amélioré et à la transition agroécologique. Dans le même temps, il est nécessaire d'avoir une gestion plus équitable des ressources restantes en roches phosphatées pour les diriger vers les pays qui en ont le plus besoin.

Nature Geoscience
10.1038/s41561-022-01092-0

▼
Traitement des eaux usées
(illustration).
©AdobeStock



Traitements et valorisation des eaux usées et des résidus organiques

Augmenter la production de biogaz par un prétraitement à la chaux

Avec la transition nécessaire vers des énergies renouvelables, la méthanisation agricole se développe. C'est dans ce contexte qu'INRAE et GRDF développent un procédé innovant qui combine stockage et prétraitement à la chaux pour les cultures intermédiaires destinées à la méthanisation. Les premiers résultats montrent que le prétraitement à la chaux permet d'augmenter de 15 % le potentiel de production de biogaz issu des cultures à forte teneur en matière sèche. Ce procédé, qui peut facilement être utilisé par les agriculteurs, propose une alternative prometteuse pour optimiser le stockage des cultures intermédiaires avant méthanisation, notamment si elles sont récoltées à un stade avancé.

Bioresource Technology
doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126722

Éclairer la décision publique sur la gestion des micropolluants des eaux usées

Les substances chimiques dites prioritaires (par exemple contenues dans des produits industriels ou de nettoyage) ou émergentes (produits de soins et d'hygiène corporelle, perturbateurs endocriniens par exemple) sont souvent mal éliminées par les procédés classiques mis en œuvre dans les stations d'épuration des eaux usées. Un traitement complémentaire dédié par des procédés d'oxydation (ozonation) ou d'adsorption (charbon actif en grain ou en poudre) est nécessaire. Cependant, leur mise en œuvre nécessite des investissements importants et génère une consommation d'énergie et de réactifs qui impacte l'environnement et le coût de la dépollution. Les chercheurs se sont intéressés à différents scénarios de traitement des micropolluants en prenant en compte le coût financier, la consommation énergétique, et in fine le bénéfice environnemental global qu'induirait la mise en place de ces procédés à l'échelle du territoire européen. Les résultats montrent que le bénéfice direct lié à l'amélioration de la qualité de l'eau grâce aux traitements plus poussés pourrait être neutralisé par des augmentations importantes des impacts indirects liés à une demande accrue d'énergie et de réactifs. Ils proposent un scénario de compromis entre bénéfice et coûts basés sur la taille des stations d'épuration et les caractéristiques des milieux récepteurs.

Science of the Total Environment
10.1016/j.scitotenv.2022.157593; 10.1016/j.scitotenv.2021.150300



Produits biosourcés



44

Le potentiel de valorisation non alimentaire du miscanthus et du sorgho

Un numéro spécial de *BioEnergy Research* rend compte des études réalisées dans le cadre du projet investissement d'avenir 2012-2020 Biomass for the future. Le programme s'est tourné vers deux espèces très productives, le sorgho, une graminée annuelle reconnue pour sa tolérance à la sécheresse et son adaptation aux conditions du sud de l'Europe, et le miscanthus, une graminée pérenne adaptée aux climats plus tempérés, avec une demande en intrants chimiques de synthèse plus faible que les espèces annuelles. Les articles de ce numéro spécial abordent divers aspects relatifs à la production et à l'utilisation de la biomasse de miscanthus. Compte tenu de sa grande proximité taxonomique avec le maïs et le sorgho, le miscanthus est comparé au sorgho dans la moitié des articles. L'ensemble des résultats présentés ouvre la voie à des perspectives d'intérêt pour accompagner l'extension de cette culture en France.

[BioEnergy Research](#)

[Biomass for the Future, vol. 15, June 2022](#)



Parcelles expérimentales de miscanthus. Centre INRAE de Versailles. ©INRAE - B. Nicolas

Des oligosaccharides pour améliorer la santé

Les oligosaccharides sont des molécules composées d'une association de 2 à 20 sucres simples. Ces molécules sont essentielles à la vie, et jouent des rôles divers dans les organismes où elles se trouvent, y compris chez l'humain. L'importance des oligosaccharides dans l'alimentation et la santé humaine, et la difficulté de leur production par voie chimique, font de leur synthèse par voie biologique un réel enjeu. Les scientifiques ont donc cherché un moyen d'en synthétiser en laboratoire, par voie biologique, grâce à certaines enzymes d'origine bactérienne, appelées glycoside-phosphorylases. Or ces enzymes sont mal caractérisées. Grâce à une approche combinée explorant de larges espaces de séquences bactériennes issues notamment du microbiote intestinal humain, et des approches de détection de l'activité des glycoside-phosphorylases, l'équipe a pu accélérer l'étude de ces enzymes d'intérêt. Ces travaux ouvrent de nouvelles perspectives pour pouvoir produire un large panel d'oligosaccharides d'intérêt pour la santé humaine.

[Journal of Molecular Sciences](#)
doi.org/10.3390/ijms23063043



Métaprogramme BETTER

ENTRETIEN AVEC

Sophie Thoyer

Directrice du métaprogramme

Quelles sont les objectifs du métaprogramme BETTER, qui couvre un périmètre un peu inhabituel pour INRAE ?

Ce métaprogramme sur la bioéconomie des territoires urbains a été lancé pour que les recherches d'INRAE contribuent à améliorer la durabilité et la résilience des villes. Il y a beaucoup d'instituts de recherche qui travaillent sur les villes de demain, mais la plus-value d'INRAE est de réfléchir aux enjeux de bouclage des cycles géochimiques entre territoires urbains et territoires ruraux, et aux conséquences d'un recours accru aux bioressources et aux solutions fondées sur la nature en ville (pour la construction, l'énergie, les services). On peut anticiper qu'une place croissante sera faite à la bioéconomie dans les territoires urbains, compte tenu des engagements que prennent les villes pour réduire leur empreinte environnementale et améliorer leur autonomie. Pour réussir ces transitions, il faut comprendre les ressorts des changements de comportements et d'évolution des politiques, mettre au point des technologies innovantes adaptées aux contraintes urbaines, et repenser l'organisation des territoires. Des enjeux qui nécessitent donc pour INRAE une mobilisation interdisciplinaire autour de 3 axes : (i) l'amélioration de la circularité des flux et le bouclage des cycles bio-géochimiques en ville et entre territoires urbains et ruraux ; (ii) la conception de systèmes bioéconomiques urbains résilients et durables ; (iii) l'évaluation et l'accompagnement des transitions.

Pouvez-vous nous présenter des exemples de projets interdisciplinaires emblématiques de ce métaprogramme ?

Ils sont très divers ; on peut citer des projets en cours sur la valorisation des rebuts et invendus de pain, le développement des bioraffineries urbaines, la valorisation territoriale des urines, la réutilisation des eaux usées traitées, ou la chaîne du froid pour faire le lien entre restauration collective et aide alimentaire.

Le consortium « Insect4city » travaille sur l'entomoconversion en ville ; il s'agit d'élever en ville des larves d'insectes à partir de biodéchets urbains. Ces larves peuvent ensuite potentiellement être transformées en farines très riches en protéines à destination de l'alimentation animale, voire même en biocarburants. Ce consortium a mobilisé des chercheurs de 6 départements scientifiques différents et a favorisé la constitution d'une nouvelle communauté interdisciplinaire très active dans ce domaine. Celle-ci a monté un projet, Fly4Waste, dont l'objectif est de conduire des analyses bénéfiques-risques solides de l'entomoconversion urbaine, de façon à fournir les bases scientifiques pour une évolution de la réglementation en ce domaine.

La bioéconomie en ville, est-ce une trajectoire toujours souhaitable ?

L'hypothèse centrale de BETTER repose sur le renforcement de la

“

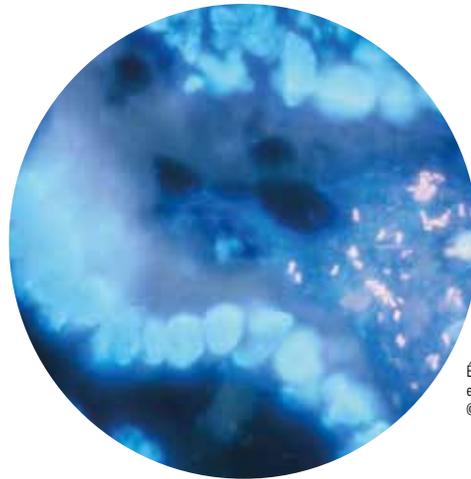
Une place croissante sera faite à la bioéconomie, compte tenu des engagements que prennent les villes pour réduire leur empreinte environnementale et améliorer leur autonomie.

”

bioéconomie circulaire en ville pour améliorer le bilan environnemental des territoires urbains et le bien-être de leurs habitants. Mais tout dépend des choix technologiques, des réorientations logistiques qu'il faudra opérer et des territoires dans lesquels les villes s'insèrent. Il faut donc se doter d'outils d'évaluation, non seulement des solutions proposées mais aussi des trajectoires pour y arriver. Il faut aussi réfléchir conjointement à l'évolution de nos modes de vie vers plus de sobriété et ne pas tomber dans le piège d'un système qui exigerait plus de biodéchets pour être viable. L'adaptabilité et la modularité des solutions bioéconomiques pour les villes, voilà de nouveaux enjeux pour la recherche à INRAE.

Orientation scientifique

Favoriser une approche globale de la santé



Épithélium colique
et flore intestinale.
©INRAE - V. Rochet

De nombreux risques pèsent sur la santé des végétaux, des animaux et des humains et sur l'environnement en lien avec le réchauffement climatique et les activités humaines dans leurs différentes dimensions. Les conditions d'émergence des agents pathogènes, l'exposition à des substances chimiques dans l'environnement ou l'alimentation, l'impact des régimes alimentaires sur la santé sont autant d'enjeux explorés dans les recherches menées à INRAE. En particulier, la compréhension des relations entre alimentation, environnement et santé reste déterminante pour permettre l'évolution des systèmes alimentaires et la protection de l'environnement.



Émergences et réémergences des maladies transmissibles



Pourcentage de tiques piqueuses d'humain et porteuses de pathogènes en 2021.
©J.Durand - CITIQUE

Les tiques sous étroite surveillance

En Europe, les tiques sont les premiers vecteurs d'agents pathogènes pour l'être humain et l'animal, constituant un véritable problème de santé publique et vétérinaire.

En France, une quarantaine d'espèces ont jusqu'ici été identifiées. Dans le cadre du Plan national de lutte contre la maladie de Lyme, INRAE, VetAgro Sup, l'entreprise Boehringer Ingelheim et le Cirad ont analysé le risque lié à la tique *Ixodes ricinus*, principal vecteur des agents pathogènes en France. Les chercheurs se sont basés sur les données récoltées dans 7 observatoires caractérisés par différents microclimats de France métropolitaine ainsi que sur les données météorologiques. Leurs résultats ont permis de développer une carte qui permet de mieux évaluer les risques d'exposition humaine aux piqûres et à mieux cibler les campagnes de prévention.

La surveillance s'étend également à de nouvelles espèces de tiques arrivées plus récemment sur le territoire, complétée par des recherches sur l'identification des agents infectieux qu'elles peuvent transmettre.

Geospatial Health

doi.org/10.4081/gh.2022.1058

Scientific Reports,

doi.org/10.1038/s41598-022-11479-z

Ticks and Tick-borne Diseases

doi.org/10.1016/j.ttbdis.2022.101934

Améliorer la détection précoce du virus influenza aviaire

Depuis 2016, la France a fait face à plusieurs épidémies causées par des virus influenza aviaries hautement pathogènes (IAHP). Ces virus constituent une menace majeure pour les élevages avicoles et un risque zoo-

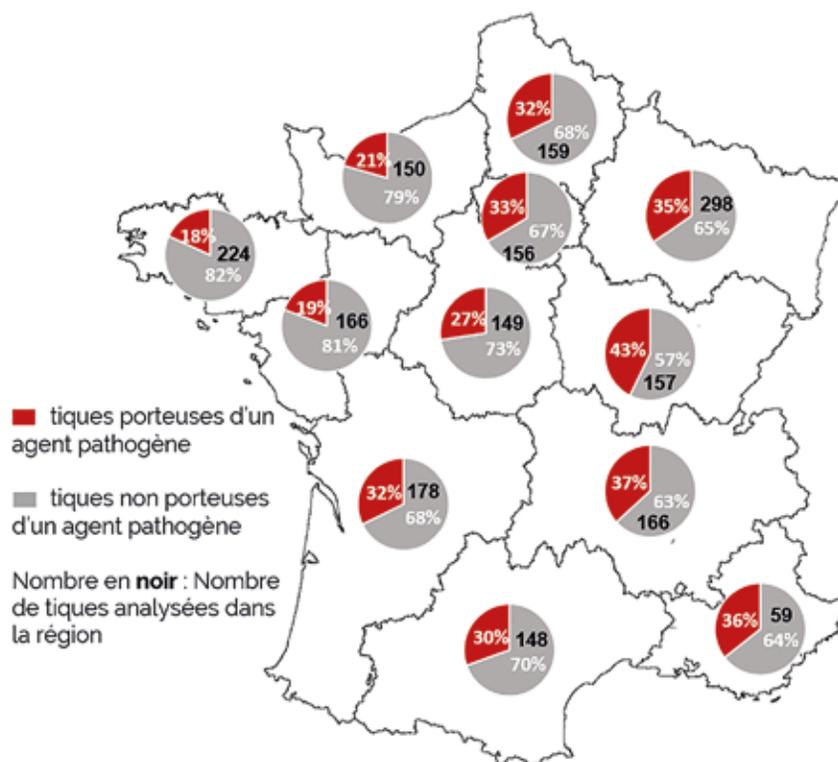
notique potentiel pour la santé publique. Chaque épidémie conduit à la mort de millions d'oiseaux domestiques et sauvages. Afin de mieux comprendre et contrôler la dispersion des virus IAHP, le rôle de l'environnement comme véhicule de propagation et matrice de détection a été étudié au cours de l'épidémie H5N8 hautement pathogène de 2020-2021.

Des prélèvements de poussières sèches et d'aérosols ont été réalisés dans 63 bâtiments d'élevages infectés ou suspectés de l'être, en parallèle de la collecte d'échantillons trachéaux réalisés dans le cadre de la

surveillance officielle. L'analyse moléculaire a permis de détecter des charges élevées d'ARN viraux dans les prélèvements environnementaux, en particulier lors des phases précoces de l'infection, avant l'apparition des signes cliniques. Ces résultats suggèrent que ce type d'échantillon prélevé dans l'environnement constitue un outil de surveillance efficace et pourrait permettre une détection plus rapide du virus et faciliter la mise en œuvre de mesures visant à enrayer sa propagation.

Emerging Infectious Diseases

doi.org/10.3201/eid2807.212247





<

Culex pipiens.
Moustique femelle.
©INRAE - R. Coutin

Le rôle des espèces d'hôtes dans la propagation du virus de la fièvre de la vallée du Rift

La fièvre de la vallée du Rift (FVR) est une maladie virale zoonotique transmise par des moustiques, principalement au bétail, provoquant des vagues d'avortements et une mortalité élevée chez les jeunes animaux. Chez l'humain, la forme grave peut être fatale. La FVR fait partie de la liste des maladies émergentes prioritaires de l'OMS. Cependant, le potentiel de transmission des différentes espèces d'hôtes au cours de leur infection par le virus de la FVR reste mal connu. Dans le cadre d'une collaboration internationale, les chercheurs ont développé un modèle mathématique pour reproduire la dynamique virale totale et infectieuse observée chez 3 espèces d'hôtes : les moutons, les chèvres et les bovins. Ainsi, les moutons sont 3 à 4 fois plus infectieux que les chèvres et les bovins. Parmi les moutons, ceux qui vont succomber à la maladie sont 2 fois plus infectieux que ceux qui y survivent. Les travaux se poursuivent pour déterminer l'impact de cette hétérogénéité d'infectiosité individuelle sur la contribution relative des espèces d'hôtes à la propagation du virus de la FVR à l'échelle populationnelle.

[Plos Computational Biology
doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010314](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010314)

Les sangliers, réservoirs de nouvelles bactéries pathogènes pour les porcs

Une étude récente s'est intéressée aux causes d'une surmortalité de sangliers sauvages dans plusieurs départements métropolitains. Des travaux préliminaires montrent que ces sangliers ont succombé à une infection bactérienne due à une souche d'*Escherichia coli* particulière. Il s'agit d'une bactérie commune en élevage porcin, mais qui n'avait encore jamais été retrouvée chez son proche cousin, le sanglier sauvage. Cette souche est hybride entre 2 souches d'*E. coli*. Elle ne circulerait pour l'instant que chez des animaux de la faune sauvage, car elle ne présente aucun gène de résistance aux antibiotiques, signature fréquente de bactéries provenant d'élevages. C'est la première fois qu'une souche hyper virulente de *E. coli* de ce type apparaît dans le réservoir sauvage (elle est transmissible aux porcs domestiques). Ces travaux apportent un éclairage sur la plasticité des génomes bactériens et sur l'importance de la surveillance sanitaire de la faune sauvage, réservoir potentiel de nouveaux pathogènes.

[Emerging Infectious Diseases
doi.org/10.3201/eid2802.211491](https://doi.org/10.3201/eid2802.211491)

Une nouvelle biotechnologie efficace pour bloquer la multiplication du SARS-CoV-2

L'infection par le SARS-CoV-2 débute dans la cavité nasale. Il s'y multiplie abondamment, puis il se dissémine dans l'environnement proche. Mais il peut également se propager vers les poumons, où il provoque les pathologies les plus sévères. Bloquer sa multiplication dans la cavité nasale permettrait donc de juguler précocement l'infection et potentiellement la dissémination du virus. Un consortium de scientifiques coordonné par INRAE a développé des antiviraux basés sur des protéines biosynthétiques, les AlphaReps. Ces

BRÈVE

Création d'une alliance de partenariat de recherche et d'innovation avec Le Syndicat de l'industrie du médicament et diagnostic vétérinaires (SIMV)

Le 25 janvier 2022, l'INRAE et le SIMV ont signé un accord portant sur la création d'une alliance de partenariat de recherche et d'innovation en santé animale. Coopérant depuis 25 ans, les deux organismes créent cette alliance pour renforcer les collaborations entre l'institut de recherche et le syndicat d'industrie de la santé. Dans une logique One Health, la prescription médicamenteuse, la vaccination, le diagnostic et la prévention des maladies dans les élevages, dans le respect de la santé et du bien-être animal, seront au cœur des programmes de recherche menés en commun.



protéines biosynthétiques fonctionnent à l'image des anticorps : elles sont capables de reconnaître la protéine d'attachement du virus, la protéine Spike. En plus de leur forte capacité antivirale, ces AlphaReps sont très stables et peu onéreuses à produire : deux atouts essentiels pour leur développement. Des résultats prometteurs pour le développement d'antiviraux permettant de réduire la pathologie et la propagation de la Covid-19.

[Plos Pathogens
doi.org/10.1371/journal.ppat.1010799](https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010799)



Prévoir les émergences des zoonoses

ENTRETIEN AVEC

Christine Citti

Coordinatrice du projet WiLiMan-ID

Pouvez-vous nous rappeler les enjeux pour la recherche dans le domaine de la surveillance de l'émergence des maladies zoonotiques ?

Dans un monde en mutation toujours plus connecté, prévenir et contrer les maladies infectieuses d'origine animale sont des enjeux majeurs pour la santé globale (animale, humaine et environnementale) et la stabilité socio-économique de nos sociétés. Leur (ré) émergence et propagation dépendent de deux processus complexes. L'un relève de l'interaction des pathogènes avec leur hôte et est intimement lié aux propriétés biologiques du pathogène (capacité de multiplication, production de variants, échappement à la réponse immunitaire de l'hôte...). Le second est lié à la dynamique des pathogènes au sein de socioécosystèmes complexes où s'interconnectent la faune sauvage, les animaux d'élevage et de compagnie, les vecteurs (moustiques, tiques),

l'environnement et l'être humain. Notre capacité à prévoir les zones à risque d'émergence de maladies infectieuses animales et à minimiser leur propagation dépend de notre compréhension des interactions entre ces différents acteurs et de l'impact de l'activité humaine (pratiques agricoles, changement climatique...). Dans ce domaine, les connaissances restent encore très parcellaires.

La tâche est vaste et vous abordez certaines questions dans le cadre d'un nouveau projet : Ecology of Wildlife, Livestock, huMan and Infectious Diseases in changing environments (WiLiMan-ID)

Dans le cadre d'Horizon Europe, le projet vise à améliorer (i) la surveillance basée sur le risque grâce à l'identification des sources, des voies d'émergence et des routes de propagation des pathogènes ; et (ii) la prévention des maladies infectieuses animales, dans le but de préserver la santé animale et humaine. Il vise aussi à mieux comprendre l'impact de l'activité de l'homme sur l'écologie et la dynamique des pathogènes d'origine animale afin de prédire et d'anticiper les contre-mesures à mettre en place. Ces questionnements sont également au cœur de l'initiative internationale Prezode.

Le projet aborde ces questions au travers de l'étude de 5 maladies infectieuses, chacune représentant à la fois un modèle d'étude et une menace pour l'élevage ou l'homme (zoonose).

Les maladies au centre du projet sont la grippe aviaire, la peste équine, la fièvre du Nil occidental, la peste porcine africaine et la maladie du dépérissement chronique. Les communautés d'hôtes comprennent l'être humain, les animaux domestiques (volailles, chevaux et porcs) et la faune sauvage (oiseaux sauvages, sangliers et cervidés).

Quelles sont les originalités du projet ?

Les deux aspects innovants de WiLiMan-ID sont (i) l'intégration de plusieurs échelles : des propriétés fines des pathogènes au territoire, en tenant compte des différents compartiments de l'écosystème pour une vision intégrée de leur (ré)émergence, persistance et propagation ; et (ii) l'étude parallèle de plusieurs pathoécosystèmes contrastés pour la mise en exergue de leurs similarités et de leurs spécificités. L'ensemble de ces connaissances contribuera à mieux anticiper et faire face aux futures menaces sanitaires infectieuses, pour la plupart inconnues. Pour relever ce défi, le projet réunit 14 partenaires académiques ou privés (11 pays, dont 10 en Europe) dont les expertises en virologie, immunologie, santé publique, pathologie, épidémiologie, économie, sociologie et modélisation assureront la réalisation du projet au travers d'approches interdisciplinaires.

“

Le projet WiLiMan-ID réunit des experts en virologie, immunologie, santé publique, pathologie, épidémiologie, économie, sociologie et modélisation.

”



Pollutions, contaminants et exposome

Les rivières du monde contaminées par les résidus médicamenteux

Le diagnostic de la pollution médicamenteuse est déjà bien établi dans certaines régions du monde comme l'Amérique du Nord, l'Europe occidentale ou la Chine, mais il n'existait pas d'étude globale permettant de faire un état des lieux au niveau mondial. Une vaste étude internationale dirigée par l'université d'York (Royaume-Uni), à laquelle a participé INRAE et impliquant plus de 80 instituts de recherche, a analysé la pollution de 258 rivières dans une centaine de pays sur les 5 continents. Prenant en compte 61 substances médicamenteuses, l'étude a inclus de grands fleuves tels que l'Amazone, le Mississippi ou le Mékong, avec des sites d'échantillonnages dans des régions où les médicaments modernes ne sont pas utilisés (comme un village Yanomami au Venezuela) et dans les villes parmi les plus peuplées de la planète comme New York ou

Delhi. Les résultats indiquent que le degré de pollution des cours d'eau est corrélé aux conditions socioéconomiques du pays : les sites les plus contaminés sont situés dans des pays à revenu faible ou intermédiaire. Ils sont caractérisés par des infrastructures de gestion des eaux usées et des déchets insuffisantes ou localisés à proximité d'usines pharmaceutiques.

PNAS

doi.org/10.1073/pnas.2113947119

Impact des microplastiques ingérés sur la sphère digestive

Simple et peu cher à fabriquer, le polyéthylène est la matière plastique la plus répandue. En moyenne, 100 millions de tonnes sont produites chaque année, dont la moitié pour fabriquer des emballages comme les sacs de courses. Ce produit pétrosourcé qui se dégrade en particules de plus petite

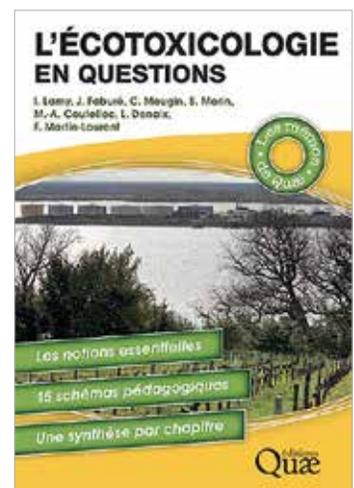
À LIRE

L'écotoxicologie en questions

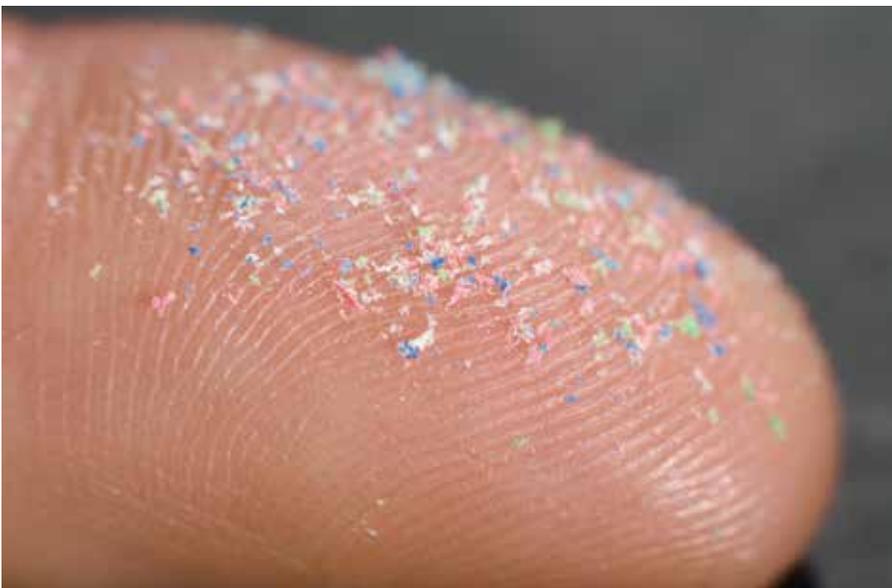
Cet ouvrage aborde les grandes approches actuelles en écotoxicologie par le biais de questions ouvertes que peuvent se poser les lecteurs curieux de mieux connaître cette discipline ou, plus généralement, soucieux des problématiques environnementales. Les réponses à ces questions offrent un panorama des grandes notions de l'écotoxicologie, des principaux concepts associés et expliquent les ruptures ayant transformé les approches traditionnelles de cette science en une démarche plus holistique intégrant la complexité des conditions environnementales réelles.

Éditions Quæ

url.inrae.fr/3orQomz



Microplastiques (illustration).
©AdobeStock



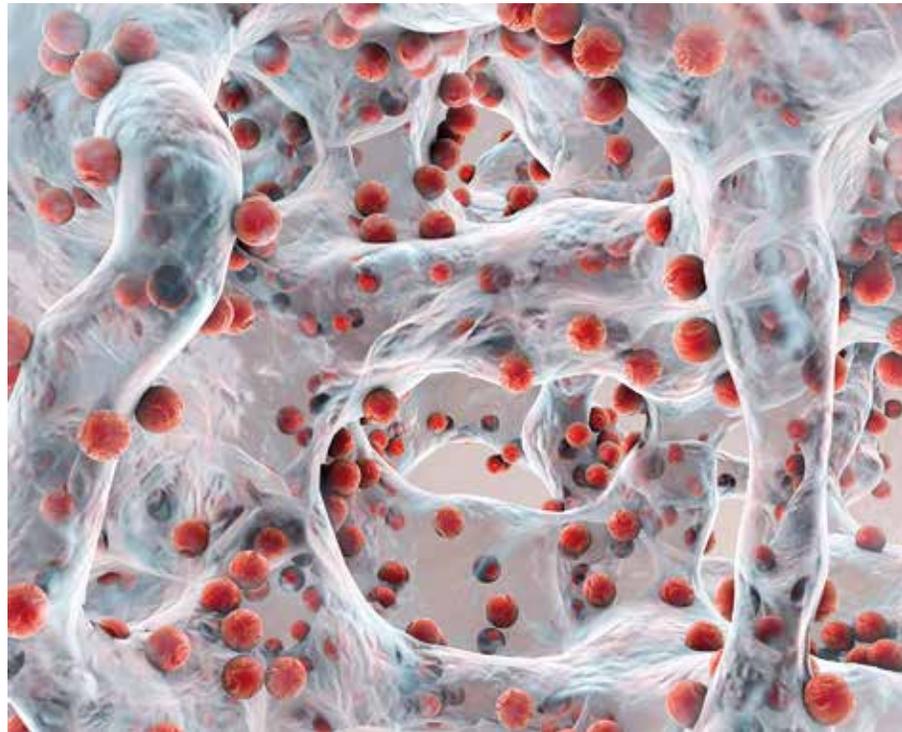
➤
Staphylococcus aureus
(illustration).
©AdobeStock

taille, appelées microplastiques, peut persister dans la nature entre 100 et 400 ans. Des scientifiques d'INRAE, en collaboration avec l'université Clermont-Auvergne, ont réalisé des travaux pionniers pour évaluer leurs impacts sur le microbiote intestinal. Ils ont utilisé un modèle *in vitro* original qui reproduit l'environnement du côlon humain, l'élément final de la digestion. Leurs résultats indiquent une augmentation de bactéries potentiellement dangereuses au détriment de bactéries bénéfiques pour la santé. Ces changements cependant n'impactent pas l'intestin dans sa fonction de barrière. Il conserve son imperméabilité et ne présente pas d'inflammation.

[Journal of Hazardous Materials](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130010)
doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130010
doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130010

La mise en évidence des effets cocktail de toxines alimentaires

La sécurité sanitaire des aliments est un enjeu mondial. Animaux et humains sont exposés à des centaines de molécules, naturelles ou de synthèse, potentiellement toxiques. Devant l'existence d'une quasi infinité de combinaisons de ces molécules, la prédiction de leurs effets combinés (effets cocktail) reste un défi scientifique. Environ 80 % des individus sont exposés au déoxynivalénol, une toxine de la famille des trichotécènes produite par certaines moisissures. Se pose la question d'un potentiel effet cocktail avec d'autres contaminants alimentaires, en particulier des génotoxines (toxines capables de provoquer des dommages à l'ADN), auxquelles nous sommes exposés quotidiennement. Des travaux d'INRAE, en collaboration avec l'Inserm, l'université Toulouse III-Paul Sabatier et l'École nationale vétérinaire de



Toulouse montrent que les mycotoxines de la famille des trichotécènes, fréquemment retrouvées dans les aliments, interagissent avec un grand nombre d'autres toxines et peuvent en augmenter les effets génotoxiques.

[Environmental Pollution](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120625)
doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120625

Le loup dans la bergerie ou comment la bactérie *S. aureus* pénètre les cellules hôtes et induit des dérégulations à son bénéfice

Staphylococcus aureus est un agent pathogène opportuniste qui provoque de multiples maladies allant d'infections bénignes de la peau à des intoxications alimentaires sévères potentiellement mortelles. Longtemps considéré comme un pathogène extracellulaire, *S. aureus* a été récemment détecté à l'intérieur de différents types

cellulaires. L'identification des processus biologiques impliqués dans la réponse des cellules à *S. aureus* est nécessaire pour comprendre les mécanismes de l'infection chronique. Les chercheurs ont développé un modèle d'infection longue durée *in vitro* en isolant uniquement et spécifiquement les cellules dans lesquelles la bactérie est internalisée. Leurs résultats suggèrent que l'infection intracellulaire à *S. aureus* a un impact à long terme sur le génome et l'épigénome des cellules hôtes, entraînant des dysfonctionnements physiopathologiques, en plus de la réponse immunitaire qui fait suite à l'infection. Ces résultats améliorent la compréhension des processus biologiques impliqués dans les infections chroniques et identifient des candidats potentiels pour les approches thérapeutiques de ces infections.

[Front. Cell. Infect. Microbiol.](https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.854242)
doi.org/10.3389/fcimb.2022.854242



Une nutrition préventive pour la santé publique et environnementale



52

Sur la piste des déterminants allergènes du blé

Les réactions allergiques mettent en jeu des interactions entre le système immunitaire et des allergènes, qui sont le plus souvent des protéines. Les protéines de transfert de lipides (LTP), dont celles du blé, sont connues pour être responsables d'allergies alimentaires et respiratoires médiées par les anticorps de type IgE. La connaissance des zones d'interaction (épitopes) entre les allergènes et les anticorps de patients allergiques est indispensable, en particulier pour la prévention de réactions allergiques croisées à plusieurs aliments et/ou pollens. Une combinaison d'approches d'immunochimie, de biologie moléculaire et de biologie structurale a dévoilé le rôle déterminant d'un groupe de 5 acides aminés dans l'interaction entre LTP1 de blé et anticorps et dans le déclenchement des symptômes. Ces acides aminés sont également importants dans le maintien de caractéristiques struc-

turales locale ou globale de la protéine. Ces résidus sont conservés dans les séquences de LTP d'autres espèces végétales. Ce travail ouvre ainsi de nouvelles perspectives de diagnostic et de recherche en thérapies antiallergiques.

[Scientific Reports
doi.org/10.1038/s41598-022-15811-5](https://doi.org/10.1038/s41598-022-15811-5)

Impact de la consommation maternelle de produits carnés sur la descendance

Les effets délétères sur la santé d'une consommation excessive de produits carnés sont maintenant bien documentés chez l'adulte. Les recommandations nutritionnelles adressées à la population générale prennent en compte ces différents résultats. En revanche, peu d'étude ont dressé les conséquences d'un tel régime maternel sur la descendance. L'objectif de l'étude conduite ici chez la souris est d'évaluer l'impact de cette exposition maternelle sur l'homéostasie de la sphère digestive et du méta-



Repas carné (illustration).
©AdobeStock

BRÈVE

Des probiotiques pour limiter la fonte musculaire

Le vieillissement s'accompagne d'une diminution de masse et de force musculaires appelée sarcopénie, expliquée en partie par une diminution des apports alimentaires et/ou par un état inflammatoire de faible intensité et/ou par une résistance à l'insuline. Des chercheurs viennent d'identifier deux souches bactériennes ciblant le microbiote et qui permettent de limiter la perte de masse musculaire dans des modèles précliniques.

[Frontiers in Nutrition
10.3389/fnut.2022.928798, 10.3389/
fnut.2022.986542](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.928798)

bolisme glucidique. Les travaux ont permis de montrer que, bien que n'ayant jamais été exposée directement au fer héminique présent dans les produits carnés, la descendance mâle exposée précocement via le régime maternel présente à l'âge adulte des signes de stress oxydatif et inflammatoire associés à une rupture de l'intégrité de la barrière intestinale et un défaut de sécrétion d'insuline en réponse à un bonus oral de glucose. Ces nouvelles données pourront être utiles en termes de recommandations nutritionnelles chez la femme enceinte ou allaitante, pour qui, durant ces périodes, l'apport en fer est essentiel.

[Redox Biology
doi.org/10.1016/j.redox.2022.102333](https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102333)



Le microbiote français Le French Gut

Le French Gut Mieux connaître le microbiote français

Les recherches récentes sur les millions de microorganismes qui vivent dans notre système digestif montrent à quel point le microbiote influe sur la bonne santé d'un individu.

Le projet Le French Gut est un appel à la contribution nationale pour cartographier et comprendre les microbiotes intestinaux français. Son ambition ? D'ici 2027, recueillir 100 000 échantillons fécaux, avec les informations nutritionnelles et cliniques associées. Ce projet inédit de sciences participatives s'inscrit dans une dynamique mondiale et ouvre des perspectives prometteuses pour le développement de diagnostics et de thérapies innovantes, notamment pour lutter contre les maladies chroniques, ainsi que pour le développement de la nutrition préventive personnalisée.

Initié et porté par INRAE et son unité MetaGenoPolis, Le French Gut est réalisé en collaboration avec l'AP-HP et mené en partenariat avec 4 institutions publiques et 11 acteurs privés du domaine du microbiote.

Ce projet ambitieux, estimé à 32 millions d'euros sur 5 ans, s'inscrit dans le concept One Health et contribue à un des objectifs stratégiques d'INRAE 2030 de favoriser une approche globale de la santé. L'objectif est de comprendre l'hétérogénéité des microbiotes intestinaux sains français, les facteurs qui les impactent, ainsi que leurs déviations dans les maladies chroniques.

Le French Gut s'articule autour de 3 axes scientifiques :

- **cartographier** le microbiote intestinal des Français ;
- **modéliser et prévoir** les changements du microbiote intestinal associés aux maladies chroniques (diabète, obésité, cancer, maladies inflammatoires chroniques intestinales), aux troubles neurodéveloppementaux (autisme, bipolarité...) et aux maladies neurodégénératives (maladie de Parkinson...);
- **décrire** les variations du microbiote intestinal associées à la présence et au développement des maladies et désordres fonctionnels nommés au point précédent.

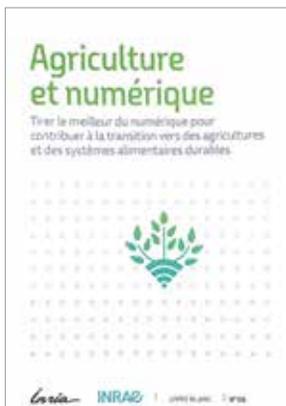
Pour participer à l'aventure :
Bienvenue sur Le French Gut !
lefrenchgut.fr

Orientation scientifique

Mobiliser les sciences de la donnée et les technologies du numérique au service des transitions



Les avancées scientifiques, technologiques et méthodologiques permises par le développement des sciences et technologies du numérique ouvrent de nouvelles voies pour explorer la complexité des systèmes biologiques et des écosystèmes à différentes échelles et prédire le comportement du vivant. L'articulation croissante des sciences expérimentales et de l'intelligence artificielle offre des opportunités d'applications nombreuses, au service par exemple de l'évaluation des impacts climatiques, de la protection des cultures ou du bien-être animal.



Un livre blanc pour construire les bases d'une agriculture numérique responsable

Pour faire face aux enjeux de sécurité alimentaire, climatiques et environnementaux, le numérique est envisagé comme une opportunité à saisir pour contribuer à l'évolution de l'agriculture, au bénéfice des agriculteurs, des consommateurs et plus généralement de la société. Quel rôle la recherche peut-elle jouer dans la construction d'une agriculture numérique responsable ? La recherche doit s'attacher à trouver des voies pour saisir les opportunités tout en limitant les risques. Ce livre blanc produit conjointement par l'INRAE et l'Inria se concentre sur cette question, en recherchant les synergies à consolider entre la transition numérique et la transition agroécologique d'une part et les systèmes alimentaires d'autre part.



Analyser la complexité

Mieux prédire l'évolution des glaciers grâce à l'intelligence artificielle

Les glaciers perdent actuellement une grande partie de leur masse à cause du changement climatique provoqué par les activités humaines. Il est extrêmement important de bien comprendre les processus physiques liés à ces changements régionaux et globaux, afin d'anticiper les futures évolutions possibles des glaciers et leurs impacts sur l'élévation du niveau des mers, les ressources en eau douce et les écosystèmes. Une équipe interdisciplinaire de glaciologues, climatologues et mathématiciens a utilisé pour la première fois des réseaux de neurones artificiels profonds (un type d'intelligence artificielle) pour simuler l'évolution future des glaciers à l'échelle régionale. Cette approche est particulièrement adaptée pour capturer les évolutions non linéaires qui caractérisent de nombreux processus physiques dans la nature. Cette étude marque le début d'une nouvelle génération de modèles scientifiques plus puissants et mieux adaptés à la prévision de l'évolution future des glaciers face au changement climatique.

Nature Communications
doi.org/10.1038/s41467-022-28033-0



Langue glacière en montagne.
©INRAE - C. Slagmulder

BRÈVE

Quand l'intelligence artificielle traduit les vocalisations des porcs

À partir d'une bibliothèque de 7 400 vocalisations recueillies dans différents contextes d'élevage tout au long de la vie de porcs, une équipe européenne et pluridisciplinaire a travaillé sur la classification automatique des vocalisations selon leur valence émotionnelle (émotion positive ou négative) et la situation dans laquelle elles ont été émises. Les résultats montrent que l'intelligence artificielle est très performante pour reconnaître non seulement la valence émotionnelle que traduisent les vocalisations (précision de 91,5 %), mais également la situation dans laquelle elles ont été émises (précision de 82 %). Ces résultats permettent d'envisager un outil pour aider les éleveurs dans leurs prises de décisions.

Scientific Reports
doi.org/10.1038/s41598-022-07174-8

L'effet des paysages sur les interactions ravageurs-auxiliaires

En travaillant sur le couplage de modèles statistiques et de modèles théoriques en dynamique de populations, les chercheurs ont pu simuler les effets des paysages (ici virtuels) sur les dynamiques des espèces. Des analyses statistiques intégrant plusieurs échelles spatiales permettent d'évaluer quantitativement la manière dont les variables paysagères influent sur le contrôle biologique des ravageurs, parfois de manière ambivalente. Par exemple, le réseau formé par les haies, source d'auxiliaires, peut permettre de limiter les applications d'insecticides mais il peut aussi favoriser la présence de ravageurs. La structure paysagère influence également l'évolution des espèces et joue sur l'adaptation réciproque entre auxiliaires et ravageurs. Par exemple, un milieu fragmenté favorise une forte capacité de dispersion au détriment de la croissance locale. Et si le ravageur colonise rapidement l'ensemble du paysage, les auxiliaires qui utilisent des pièges pour capturer leurs proies seront favorisés, alors que, dans le cas inverse, des auxiliaires très mobiles sont prédominants. Ces résultats éclairent ainsi les liens entre la structure paysagère et l'efficacité du biocontrôle en agroécologie.

Ecography

doi.org/10.1111/ecog.05956

Un modèle mathématique pour l'étude des interactions hôte-microbiote

La santé humaine est fortement influencée par les interactions entre les cellules de l'hôte et le microbiote intestinal. Dans le côlon, le dialogue entre ces deux entités est principalement régulé à l'échelle de la crypte intestinale. Le microbiote, par le biais des métabolites qu'il produit lors de la fermentation des fibres, influence la division des cellules ou encore leur différenciation en cellules spécialisées et donc influence la physiologie de son hôte. De manière réciproque, les métabolites produits par l'hôte impactent la composition du microbiote. Les chercheurs ont élaboré un modèle mathématique stochastique individu-centré à l'échelle d'une crypte qui permet de simuler les cellules en interaction avec des métabolites dérivés du microbiote. Un cas d'étude portant sur l'effet d'une supplémentation en butyrate après l'installation d'un état dysbiotique a ainsi pu être représenté avec une représentation simple du microbiote.

Journal of Mathematical Biology

doi.org/10.1007/s00285-022-01766-8



Capteurs et systèmes d'acquisition d'information

Caractérisation automatique de l'état de la végétation

Le mildiou (*Plasmopara viticola*) est l'une des maladies les plus importantes de la vigne. Les stratégies de lutte contre ce champignon reposent sur l'utilisation curative de fongicides chimiques systémiques, toxiques pour des organismes non cibles et persistants dans l'environnement. De nombreuses solutions alternatives aux fongicides sont en cours de développement. Une étape cruciale est la détection et la localisation précise des ravageurs et de la maladie dans le temps et l'espace pour permettre des traitements ciblés précoces. Les chercheurs ont utilisé une base de données d'images hyperspectrales suivant l'évolution de 0 à 9 jours post-inoculation de 3 souches de mildiou inoculées sur des feuilles de vigne et ont développé un outil de détection basé sur une méthode d'apprentissage automatique. L'outil a permis le repérage précoce de l'attaque du champignon 2 jours avant la visualisation de symptômes et une meilleure appréciation de sa distribution spatiale. Des résultats prometteurs pour limiter les traitements antifongiques.

International Journal of Molecular Sciences

doi.org/10.3390/ijms231710012



Mildiou sur grappe, dû à *Plasmopara viticola*. ©INRAE - Y. Bugaret





Un AgroTechnoPôle au service de la transition agroécologique

ENTRETIEN AVEC

Jean-Pierre Chanet

Directeur de l'unité de recherche Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes

L'AgroTechnoPôle dont le site d'expérimentation est à Montoldre, dans l'Allier, est une nouvelle plateforme d'innovation ouverte qui se construit depuis quelques années. Quelles sont les ambitions de cette plateforme lancée en 2022 ?

La plateforme AgroTechnoPôle a pour objectif de développer des technologies au service de la transition agroécologique. Cette plateforme publique-privée s'adresse à l'ensemble des acteurs du secteur agricole et a une ambition internationale. Elle s'appuie sur des infrastructures innovantes uniques qui permettent d'accélérer les processus de développement et les tests de nouvelles machines. Son offre repose sur les dimensions recherche, ingénierie, essais et formation.

Quels sont les partenaires qui vous ont rejoints autour de l'AgroTechnoPôle ?

L'AgroTechnoPôle rassemble des compétences plurielles issues de partenaires académiques présents au sein de l'I-SITE CAP-2025 clermontois ainsi que du CEA, mais également issues d'entreprises innovantes apportant des briques logicielles ou technologiques pointues.

Des entreprises référentes participent à l'élaboration des infrastructures et à la gouvernance et contribuent aux ressources humaines et financières. Un collectif de représentants professionnels apporte un regard extérieur qui exprime les attentes des acteurs de la filière agricole : il comprend RobAgri, AXEMA, SEMAE ainsi que des pôles de compétitivité.

Pouvez-vous nous donner quelques exemples de développement de matériels qui sont la priorité dans le court terme ?

Les priorités à court terme sont axées sur les questions de sécurité des robots agricoles. En effet, la sécurité est un enjeu majeur pour permettre l'essor de cette filière. C'est pourquoi nous travaillons en concertation avec RobAgri sur l'élaboration de protocoles de sécurité que nous portons pour la France au niveau international (OCDE, ISO). Ces protocoles construits en lien avec les industriels permettent de tester les dispositifs avant leur mise sur le marché. Le deuxième exemple est la question du désherbage. En effet, dans la perspective de la restriction de l'usage des herbicides, des solutions alternatives de désherbage sont indispensables. C'est pourquoi, dans les priorités

d'infrastructures, figure celle d'un banc d'évaluation des nouveaux dispositifs de désherbage pour faciliter leur mise au point. C'est un enjeu important pour l'agroécologie.

Un troisième enjeu concerne le semis. En effet, l'agroécologie entend promouvoir des semis multivariétés et/ou multiespèces. Pour cela, il est nécessaire de modéliser les semoirs pour assurer ces nouvelles fonctionnalités.

Ainsi, en collaboration avec les entreprises référentes Kuhn et Burel Production, nous concevons et développons des bancs de recherche et d'essais permettant de développer les nouvelles machines de semis.

On peut également citer des objectifs à plus long terme, avec la contribution de la robotique pour réaliser des interven-

“

L'AgroTechnoPôle rassemble des compétences plurielles issues de partenaires académiques et également d'entreprises innovantes apportant des briques logicielles ou technologiques pointues.

”

tions très ciblées et différenciées dans les nouveaux systèmes et modes de culture. Il est également important de prendre en compte les questions liées à la réduction de l'empreinte carbone de la mobilité en agriculture pour favoriser une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

Enfin, la mobilisation de l'intelligence artificielle est une question majeure et nous l'abordons en ayant inscrit l'AgroTechnoPôle dans le projet européen AgriFood TEF qui fédère des infrastructures traitant ces questions d'IA.



Science ouverte

En 2021, INRAE formalisait une politique pour la science ouverte forte et ambitieuse. En 2022, l'institut confirme son engagement dans l'ouverture de la science sous toutes ses formes et au plus grand nombre, en mettant en œuvre concrètement son plan d'actions. Focus sur 6 actions phares.



Données scientifiques : collecter, stocker, analyser et rendre accessibles



D. Desclaux en contact sur le terrain avec G. Chirat, paysan-meunier en agriculture biologique.
©INRAE - C. Maître

Plan Données pour la science

Les enjeux autour de la gestion et du partage des données scientifiques sont colossaux. Les évolutions rapides du numérique et la production de toujours plus de données à un rythme en accélération continue questionne nos collectifs sur la transformation des pratiques pour collecter, stocker, analyser et rendre accessibles les données produites par la recherche à cette nouvelle échelle. Pour opérer ces changements, INRAE s'est doté en 2022 d'un plan « Données pour la science » pour développer des compétences en sciences des données et mettre en place une gouvernance des données pour favoriser leur partage, leur réutilisation et leur valorisation, dans le respect de certains principes de déontologie et d'intégrité. Il s'agit également de développer des infrastructures numériques performantes et interconnectées pour les stocker, les traiter, les analyser.

Plateforme nationale Recherche Data Gouv

Rendre accessibles les données de la recherche française, c'est l'enjeu de la plateforme nationale Recherche Data Gouv dont le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR) a confié à INRAE



le développement de la partie technique (entrepôt, catalogue de données & portail d'accès aux données et à des services). Depuis son ouverture en juillet 2022, 10 espaces dédiés aux établissements d'ESR, en plus de l'espace INRAE, ont été ouverts. L'entrepôt compte aujourd'hui plus de 1 800 jeux de données, soit plus de 28 000 fichiers, pour un total d'environ 253 000 téléchargements.

1^{re} édition du Printemps de la donnée

Pour échanger et faire connaître ces évolutions, INRAE a organisé tout au long du mois de mai 2022 la première édition du

Printemps de la donnée à destination des collectifs de travail INRAE et partenaires des UMR. L'objectif était de mettre en lumière des initiatives locales autour de la gestion et du partage de la donnée : formations, développement d'outils, retours d'expériences, etc. Une quarantaine d'événements ont été programmés : 17 webinaires, 10 open classes (plan de gestion de données, data papers, data INRAE...) et 14 manifestations en présentiel dans les centres INRAE. Au total, plus de 700 personnes ont participé à ces initiatives locales. La dynamique est lancée, une deuxième édition est organisée en 2023 et sera davantage ouverte sur l'ESR.



Une science plus proche de la société

NOVAE : un numéro spécial dédié aux sciences et recherches participatives

Dans une approche globale d'ouverture de la science à la société, INRAE développe une diversité de projets de recherches dans lesquels des non-spécialistes sont impliqués. Le premier numéro spécial de la revue *NOVAE*, sorti en janvier 2022, illustre cette diversité de domaines scientifiques et de productions à travers des focus sur plusieurs projets. Il donne également des repères sur l'histoire, les acteurs, les outils et les enjeux autour des dispositifs participatifs.



Le Prix de la recherche participative

La première édition du Prix de la recherche participative, dont l'organisation a été confiée à INRAE par le MESR, s'adressait exclusivement aux membres d'Agreenium. Deux projets coportés par INRAE et ses partenaires ont été récompensés : « CiTIQUE » et « Des semences à l'assiette, 20 ans de recherche interdisciplinaire participative ». Pour sa deuxième édition en 2022, le prix a ouvert les candidatures à l'ensemble des acteurs et domaines de l'ESR français. Il s'adresse donc désormais à toutes les thématiques scientifiques, et fera l'objet d'une cérémonie au MESR, en présence de Madame la ministre, associant les acteurs scientifiques et associatifs engagés.



Formation OSCAR

Formation OSCAR

La mise en œuvre des principes de la science ouverte implique une transformation profonde des pratiques de la communauté scientifique et de l'appui à la recherche. La formation en ligne OSCAR est conçue pour accompagner ce changement et réussir cette transition en s'adaptant aux besoins et niveaux de chacun. Action phare du plan d'actions science ouverte, cette formation est structurée en 9 modules thématiques sur l'ensemble du périmètre de la science ouverte. Conçue pour être au plus proche des besoins des différents publics, cette formation engageante, interactive et évolutive est à suivre à la carte, chacun à son rythme et selon ses domaines d'intérêt. Elle est intégrée au Plan national de développement des compétences coordonné par la DRH pour assurer une bonne articulation avec d'autres formations INRAE.





Partenariats et impacts



Station INRAE de Mirecourt, dans les Vosges.
© INRAE - F. Gaujour





Les événements européens et internationaux, vecteurs clés pour les partenariats de l'institut



ENTRETIEN AVEC

Jean-François Soussana

Vice-président en charge de la politique internationale

62

Comment INRAE a-t-il contribué aux grands événements internationaux en 2022 ?

En 2022, nous avons conduit des actions dans les processus européens et internationaux pour porter la voix de la science et de la recherche.

Je pense en particulier au Forum science et innovation organisé par la FAO en octobre. Nous y avons participé à plusieurs événements particulièrement pertinents pour l'agenda international, sur les expertises scientifiques collectives sur le microbiome ou encore sur l'agriculture numérique responsable. En novembre, dans le cadre de la COP27, nous avons organisé, avec le Cirad et l'IRD, un événement international sur les sols comme levier stratégique pour répondre aux enjeux climatiques de biodiversité et de sécurité alimentaire. En décembre, INRAE a participé pour la première fois comme membre observateur des COP de la Convention sur la diversité biologique à la 15^e édition qui s'est tenue à Montréal. Plus récemment, en mars dernier, INRAE a participé via sa contribution au

Partenariat français sur l'eau au Forum mondial de l'eau à Dakar. Nous y avons coorganisé avec le Cirad, l'IRD et la FAO, un événement scientifique autour de la contribution de l'agroécologie à l'agriculture irriguée.

Nous ne pouvons que nous féliciter de la visibilité accrue donnée à nos messages scientifiques grâce à ces événements ou à la diffusion d'articles de position conjoints lors de ces rendez-vous internationaux.

Diffuser nos messages clés, à quelle fin ?

Les événements scientifiques répondant à l'agenda politique européen et international représentent une magnifique opportunité de contribuer à faire face aux grands défis, de rendre plus visible et plus efficace cette contribution et de bénéficier d'un effet de levier pour impulser et porter des initiatives et des partenariats de recherche à ces échelles. Ils ont également un effet d'accélération sur la structuration de nos partenariats bilatéraux et multilatéraux avec des organisations interna-

“

C'est la première fois que nous, INRAE avec le Cirad et l'IRD, signons ensemble un accord quadripartite avec la FAO.

”

tionales comme la FAO. Ainsi pendant le Forum science et innovation, nous avons signé un nouveau protocole d'accord avec cette organisation, le Cirad et l'IRD portant sur la transformation des systèmes agricoles et alimentaires pour la période 2022-2025. C'est la première fois que nous signons ensemble avec nos trois organismes de recherche un accord quadripartite conjoint qui montre la cohérence, la complémentarité et la qualité de l'offre de recherche française dans nos domaines.

La multiplication des échanges au cours des années 2021 et 2022 avec le Fonds international de développement agricole (FIDA) et le Programme alimentaire mondial (PAM) ont fait éclore de nouvelles pistes de collaborations, actuellement à l'étude sur des thématiques comme l'agroécologie, la résilience des systèmes alimentaires, l'alimentation scolaire ou encore l'agriculture numérique.

Quelle est la suite scientifique à ces prises de paroles ?

La communauté scientifique d'INRAE s'implique fortement dans le volet recherche de 2 coalitions mondiales lancées à l'occasion du premier Sommet des Nations unies sur les systèmes alimentaires, en septembre 2021. Ainsi, nos scientifiques sont présents au sein du groupe de travail recherche et innovation de la Coalition mondiale pour la transformation des systèmes alimentaires par l'agroécologie et au sein du consortium de recherche de la Coalition mondiale pour la restauration scolaire. J'ai moi-même rejoint le Comité scientifique du hub de coordination et de

suivi du Sommet hébergé par la FAO et porté dans le cadre de l'agenda 2030. Nous veillons également à l'articulation des priorités de l'initiative de recherche en partenariat avec des organismes et universités du continent africain TSARA avec ces coalitions sur le volet transformation des systèmes alimentaires avec les pays concernés dès à présent. Ces événements et groupes de travail nous permettent d'élargir notre champ d'interaction à de nouveaux partenaires. De nouvelles collaborations peuvent se concrétiser ensuite au travers des laboratoires internationaux associés (LIA), des réseaux internationaux de recherche (2RI) et Joint linkage call (JLC) ou encore de projets de recherche conjoints.

Cette articulation sans cesse recherchée entre les instruments de coopération qu'INRAE développe avec ses partenaires, et les agendas scientifiques mondiaux, contribue également à renforcer notre attractivité et notre rayonnement scientifiques à l'international, en complément de notre stratégie de renforcement des mobilités internationales. ●

International

L'année 2022 a permis de consolider le dispositif international multiple d'INRAE, avec notamment des coopérations renouvelées ou initiées, une mobilisation sur les mobilités et une implication forte dans les initiatives internationales PREZODE et TSARA.

64

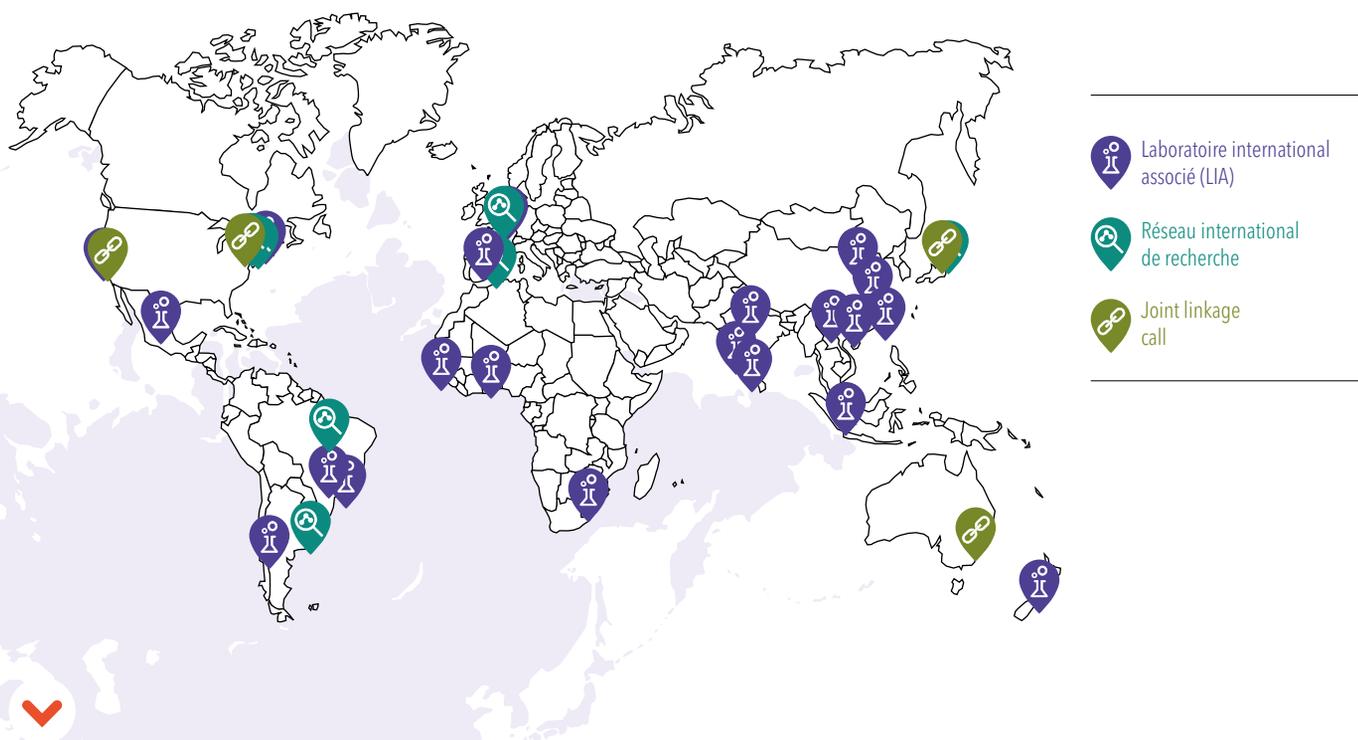
Les instruments de coopération internationale, forces de notre action

INRAE a consolidé ses instruments de coopération internationale de type laboratoires internationaux associés (LIA), réseaux de recherche internationaux (2RI) et programmes de mobilités croisées Joint linkage call (JLC). Au nombre de 25, ces instruments couvrent les 5 orientations scientifiques d'INRAE2030. Ils impliquent plus de 35 partenaires internationaux, issus de 11 pays, et 17 partenaires français de l'enseignement supérieur et de la recherche. Un bilan à mi-parcours des réalisations atteintes a permis de constater le fort dynamisme des copublications et d'échanges d'étudiants et de scientifiques, un gain de visibilité pour la recherche de financements complémentaires, ou encore

la consolidation des relations avec des partenaires clés pour une possible évolution vers une programmation conjointe. En 2022, certains instruments comme le LIA OptiNutriBrain sur la nutrition et la santé du cerveau avec l'université Laval au Canada ont été renouvelés, forts d'un bilan favorable. De nouveaux instruments ont vu le jour. Ainsi ont été signés un LIA portant sur la nutrition animale, NutriMod, avec l'université Laval, le 2RI FORWARD avec 7 partenaires au Canada et en France et portant sur la forêt et le bois dans le contexte de changement climatique, ou encore le 2RI PisiNet, un réseau de recherche international sur les interactions plantes et insectes avec le NARO au Japon. Deux programmes

JLC, avec AAF Canada et l'université de Floride aux États-Unis, ont été lancés en juin, permettant l'émergence de collaborations sur des sujets coselectionnés embarquant de jeunes scientifiques de part et d'autre.

Carte des instruments de coopération internationale



Intensification de l'accompagnement des mobilités internationales

Le service DRH-DRI Mobilité internationale et interculturelle (M2i) a déployé son plan d'action au service de l'internationalisation d'INRAE Formation et mis à disposition des outils d'appui qui ont permis la montée en puissance des équipes locales au plus près de l'accueil des nouvelles recrues. Le nouveau Guide internet des accueils internationaux, outil pratique bilingue français/anglais, contribue à l'attractivité d'INRAE. Enfin, le dispositif de soutien financier en appui aux mobilités proposé par les départements et métaprogrammes (DIMI) a soutenu 44 projets de mobilité pour un montant de 260 000 euros, dans le cadre de 2 appels à candidature successifs, y compris pour les initiatives et instruments internationaux susmentionnés, dont TSARA pour l'Afrique.



<

©AdobeStock

Guide for international scientists
guide-for-international-scientists.inrae.fr

Focus

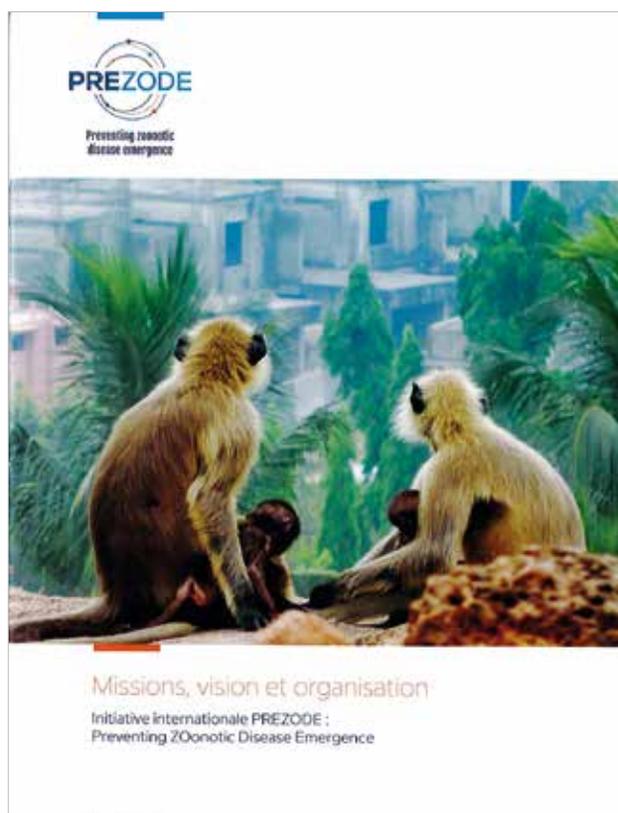
L'initiative TSARA pour l'agriculture et avec l'Afrique

L'initiative TSARA (Transformer les systèmes alimentaires et l'agriculture par la recherche en partenariat avec l'Afrique), lancée lors du Salon international de l'agriculture de mars 2022, réunit désormais 19 organismes africains signataires de la lettre d'intention, avec le Cirad et INRAE, et reste ouverte à d'autres partenaires scientifiques africains, français et européens. TSARA prévoit la construction de portefeuilles de projets de recherche, de formation et d'innovation, soutenus par des financements. Enfin, elle s'accompagnera du renforcement des dispositifs de coopération en partenariat, d'instruments structurants développés par exemple par le Cirad et l'IRD, de mobilités internationales entrantes et sortantes et de la création de laboratoires internationaux et d'infrastructures de recherche.

Sa première assemblée générale, qui s'est tenue le 5 décembre 2022 en Afrique du Sud, a permis de valider sa gouvernance mais aussi de débattre des synthèses scientifiques des groupes thématiques, en vue de la consolidation d'un agenda scientifique partagé et d'un plan d'actions pour les 3 prochaines années.

Un agenda stratégique pour l'initiative internationale PREZODE

Initiée par la France et en particulier INRAE avec l'IRD et le Cirad, l'initiative internationale PREZODE (Preventing Zoonotic Diseases Emergence), lancée



en 2021 au One Planet Summit, compte désormais près de 200 membres issus des mondes scientifiques, académiques, associatifs mais aussi gouvernementaux avec 20 pays signataires. La première assemblée générale de l'initiative s'est tenue le 11 octobre 2022 et a permis d'adopter les termes de référence de

sa gouvernance, de présenter l'agenda stratégique validé en janvier 2023 et d'établir la feuille de route des prochaines étapes. Récompensée avec 9 autres projets pour son caractère innovant et à impact, par le Forum de Paris sur la paix le 12 novembre 2022, l'initiative bénéficiera du soutien du Forum pendant 1 an.

Europe



Fortement engagé dans l'espace européen, avec notamment 189 projets déposés dans le cadre du programme Horizon Europe et une nouvelle Étoile de l'Europe décernée au niveau français, INRAE a été également très actif lors de la présidence française de l'Union européenne en étant moteur dans l'organisation d'événements avec les acteurs institutionnels et la société, principalement sur les questions de « une seule santé » (One Health) et d'usage des pesticides.



Colloque scientifique Towards Pesticide Free Agriculture

Quelles recherches pour répondre aux objectifs du Green deal européen sur la diminution de l'usage des pesticides ?

Ce colloque scientifique organisé par INRAE à Dijon les 2 et 3 juin 2022, a réuni 400 personnes autour de présentations scientifiques, ateliers, forum citoyen ainsi que la visite de la plateforme expérimentale INRAE CA-SYS. L'objectif de ces échanges était de dresser un état des lieux des réflexions scientifiques sur la réduction des pesticides, réfléchir à l'impact des travaux de recherche sur ces questions et réunir les membres de l'Alliance européenne de recherche « Towards a chemical pesticide free agriculture » (34 acteurs académiques européens) autour de leurs perspectives.

Ce colloque a permis une meilleure prise en compte de cette thématique dans Horizon Europe et de structurer l'Alliance européenne. Dans la continuité de cet événement, une action européenne COST a été remportée sous coordination INRAE et une série documentaire ([#FieldTrip_EU](#)),

coproduite par INRAE et Pierre Girard, journaliste indépendant, poursuit la mise en visibilité de cette thématique.



Focus



Horizon Europe

INRAE est très mobilisé sur le programme Horizon Europe avec, dès son lancement en 2021, 189 projets déposés, 61 remportés, 16 coordinations dont 7 sur les projets collaboratifs du cluster 6 (thématiques alimentation, bioéconomie, ressources naturelles, agriculture et environnement) avec un taux de succès de 58 % pour les coordinations de ce cluster. En 2022, 189 projets ont été déposés, dont 59 en coordination (23 coordinations sur des projets collaboratifs, le reste étant

des bourses individuelles ERC ou MSCA). Les résultats de ces appels seront connus mi-2023.

Actions PFUE

La présidence française du Conseil de l'Union européenne (PFUE) a été l'occasion pour INRAE de valoriser ses travaux de recherche sur les sujets stratégiques « une seule santé » et « réduction des pesticides » auprès des acteurs institutionnels (UE, national...) mais aussi du grand public. Au-delà de ses participations à un séminaire sur les plateformes d'épidémiologie et à l'évènement ministériel « One Health - Penser l'élevage de demain », INRAE a surtout piloté 2 évènements labellisés par la PFUE : une conférence au terme de la première année de l'initiative internationale PREZODE et un colloque scientifique sur la question de la réduction des pesticides.



IPMWORKS

Inspiré des fermes DEPHY en France, le projet IPMWORKS (H2020 ; 2020-2024) réunit 31 partenaires issus de 16 pays afin de créer à l'échelle européenne un réseau d'agriculteurs pour faire la démonstration de stratégies de protection intégrée des cultures à faible usage de pesticides, et promouvoir l'adoption de celles-ci à l'aide d'échanges d'expériences et de connaissances.

En février 2022, le projet a proposé au Parlement européen à Strasbourg une exposition sensibilisant les parlementaires européens à ces enjeux.

Étoile de l'Europe 2022

Une Étoile de l'Europe, mention Innovation, a été remise en décembre au projet SmartCow (An integrated infrastructure for increased research capability and innovation in the European cattle sector), piloté par le directeur de recherche d'INRAE René Baumont. Ce projet de 5 millions d'euros a mobilisé, de 2018 à 2022, 13 partenaires européens pour augmenter l'efficacité alimentaire des bovins tout en réduisant leurs émissions de méthane et d'azote. www.smartcow.eu



Enseignement supérieur et politique de sites



INRAE renforce ses collaborations avec les universités et les écoles par la signature d'accords-cadres et de conventions d'objectifs et de moyens et poursuit le déploiement de son plan d'actions enseignement supérieur et formation sur l'ensemble des sites où INRAE entretient déjà des partenariats.



Les nouveaux accords-cadres et conventions d'objectifs et de moyens

Avec la signature de 4 conventions d'objectifs et de moyens (COM), INRAE consolide sa collaboration avec les universités d'Angers, de Bordeaux, de Pau et des Pays de l'Adour et, sur le site Bourgogne-Franche-Comté, avec la ComUE UBFC, l'université de Bourgogne et l'Institut Agro, sur des thématiques clairement identifiées et sur quelques programmes stratégiques, en s'engageant, comme ses partenaires, sur des moyens, pour une période de 4 ou 5 ans.

Avec l'université de Bordeaux, il s'agit de renforcer des liens déjà forts sur les thématiques des sciences végétales, de la vigne et du vin, forêt-bois et nutrition-santé, au sein d'unités conjointes ou d'unités sous contrat, par une présence croisée dans les gouvernances de chaque entité, des politiques conjointes d'accueil de doc-



torants et de scientifiques, de valorisation des dispositifs partenariaux internationaux (LIA) et d'actions concertées en matière de développement durable, responsabilité sociétale, sciences ouvertes, sciences participatives, déontologie, intégrité scientifique et éthique de la recherche.

Avec les accords-cadres, INRAE renforce et précise thématiquement et stratégiquement sa coopération scientifique et de formation avec ses partenaires privilégiés

et acteurs majeurs de la recherche et de l'enseignement supérieur, tels que l'Institut Agro, l'Inria et l'Institut Pasteur. Ainsi, l'accord signé en décembre avec l'Institut Agro vise à monter d'un cran dans la conception et la promotion de systèmes agricoles et alimentaires durables en accompagnement de l'ensemble des filières animales et végétales, y compris la vigne et le vin, l'horticulture, l'halieutique et le paysage, depuis la production jusqu'à la consommation. En s'appuyant sur les actions menées au sein

^
Vue générale
du Campus Agro
Paris-Saclay
(ouvert aux étu-
diantes et étudiants
en septembre
2022).
©INRAE - B. Nicolas



- de 30 unités de recherches communes sur les territoires Bretagne, Pays de la Loire, Bourgogne Franche-Comté et Occitanie, les 2 instituts marquent par ce nouvel accord-cadre la volonté de promouvoir à l'échelle nationale, européenne et internationale leurs actions communes de formation et recherche pour ces transitions.
- « INRAE est notre premier partenaire de recherche, et cet accord nous permet de réaliser ensemble un véritable changement d'échelle et d'ambition, en France et à l'international », a déclaré Anne-Lucie Wack, directrice générale de l'Institut Agro. ●

Partenaires	Thématiques
Université d'Angers	Immunité végétale pour l'adaptation aux changements environnementaux et la durabilité de la protection - Pilotage du microbiote pour améliorer la vigueur des plantes et leur protection
Université de Bordeaux	Sciences végétales - Vigne et vin - Forêt-bois - Nutrition-santé
Université de Pau et des Pays de l'Adour	Impact du changement climatique et des perturbations extrêmes sur les écosystèmes dulçaquicoles - Durabilité des systèmes d'élevage aquacoles
COMUE Bourgogne-Franche-Comté, Université de Bourgogne et Institut Agro	Transition agroécologique et alimentaire - Écologie microbienne (centre d'excellence HARMi)

Focus

Agreenium

INRAE contribue activement, en tant que membre, aux actions de l'alliance Agreenium. L'institut a en particulier assuré la transmission de l'organisation des Carrefours de l'innovation agronomique (CIAG) à l'alliance en concourant à la nouvelle programmation et à la conception et l'animation des 3 éditions de l'année. Elles étaient consacrées au bien-être animal, aux indicateurs de qualité des sols et aux leviers pour une alimentation saine et durable.

INRAE a contribué également à la candidature d'Agreenium à la charte ECHE. Ce label qualité pour les coopérations européenne et internationale permet à Agreenium de participer aux programmes Erasmus+ 2022-2027 pour la mobilité entrante et sortante d'étudiants et de personnels ES avec les actions AgreenMob,

de l'École internationale de recherche Agreenium (EIR-A), et autres dispositifs ou initiatives.



Projet ExcellencES

INRAE est partenaire de 6 projets lauréats de la 2^e vague de l'appel ExcellencES France 2030. Ainsi il est associé aux projets de transformation des universités de Rennes, Orléans, Corse Pasquale-Paoli, Reims Champagne-Ardenne, Claude-Bernard Lyon 1 et de la ComUE de Toulouse.

Chaires professeurs junior

2022 aura été l'année qui a vu aboutir les premiers recrutements de chaires de professeurs juniors créées par la loi de Programmation de la recherche avec le recrutement de 5 professeurs juniors. Les chaires infructueuses de 2021 et 2022 seront relancées en 2023 avec les 8 nouveaux projets. INRAE réserve ces chaires à des postes contribuant à des programmes de recherche prioritaires se positionnant sur des fronts de science hautement compétitifs et/ou des disciplines en tension. Ces postes intègrent également une forte dimension d'enseignement, avec 42 heures équivalent TD à assurer, soit environ un quart de la charge d'un enseignant-chercheur. Ils représentent un élément important de notre contribution aux politiques de sites.



Unité de recherche Byopolymères Interactions Assemblages.
©INRAE - C. Maître





Mettre nos expertises au service des défis sociétaux



ENTRETIEN AVEC

Patrick Flammarion

Directeur général délégué à l'Expertise
et à l'Appui aux politiques publiques

72

Après 2 ans de mise en place, quelles sont les avancées de votre jeune direction générale ?

Nous avons conforté notre rôle d'éclairage de la conception des politiques publiques, avec par exemple cette année la restitution de 2 expertises scientifiques collectives (ESCo), et d'appui à leur mise en œuvre, notamment en développant les dispositifs pérennes d'appui aux politiques publiques pour les ministères chargés de l'Agriculture et de l'Environnement. Cette diversité de nos activités d'expertise et d'appui aux politiques publiques (EAPP) et leur cohérence avec les activités de recherche d'INRAE est une force. Leur valorisation et la sensibilisation des communautés scientifiques a conduit la direction générale déléguée à l'Expertise et à l'Appui aux politiques publiques à rapidement devenir un point d'entrée de référence sur ces questions, en France et à l'international. Nous participons ainsi à la réflexion autour des liens sciences-société-politiques publiques avec le JRC (Joint Research Centre, rattaché à la DG Recherche de l'Union européenne) : nous avons en particulier coorganisé un séminaire destiné aux acteurs en la

matière. INRAE a également participé à une formation de formateurs en EAPP avec un intervenant et 2 participants, chargés ensuite de diffuser cette formation en interne ou dans la communauté scientifique en France. Notre institut est en effet l'animateur principal d'un réseau de partage d'expériences initié début 2022 à l'initiative de sa direction de l'Appui aux politiques publiques et constitué d'une douzaine de responsables en EAPP dans des organismes scientifiques et techniques et l'université Gustave Eiffel.

Cette très bonne connaissance des acteurs nous positionne au meilleur niveau des bonnes pratiques et nous légitime pour leur diffusion. Ainsi en 2022, nous avons formé, comme chaque année, une vingtaine de doctorants ; organisé une école chercheurs sur l'expertise scientifique collective (cf. encadré) ; et coorganisé une formation à l'EAPP avec l'université d'Aarhus, la première de ce type dans un cadre européen. La reconnaissance de ces savoir-faire a permis de structurer des interactions avec l'Agence européenne pour l'environnement, l'EFSA (autorité sanitaire européenne) et la FAO.

“

Notre très bonne connaissance des enjeux et des acteurs des politiques publiques nous positionne au meilleur niveau des bonnes pratiques.

”

Quelles ont été les principales sollicitations de la puissance publique à l'échelle nationale ?

Sur le plan national, nous poursuivons le développement de relations régulières avec les ministères et agences nationales. Nous avons participé aux Assises de la forêt et du bois pour réfléchir à l'adaptation des forêts au changement climatique et sommes impliqués dans un tiers des actions qui en ont émergé (cf. encadré).

Trois accords-cadres ont été signés avec : l'Agence de l'eau Adour-Garonne pour la mise au point de politiques adaptées de gestion durable et équilibrée de l'eau, l'Andra sur le suivi à long terme des écosystèmes et l'accompagnement des transitions territoriales, et l'Agence Bio afin de répondre à la problématique du changement d'échelle de l'agriculture biologique.

Ce rôle se limite-t-il aux niveaux national et international ?

Au cœur des transitions, les territoires sont des terrains propices pour traiter de sujets comme l'eau, les sols, l'agroécologie... et stimulants pour nos activités, à toutes les échelles. La cartographie territoriale de ces activités, effectuée par notre Direction de l'appui aux politiques publiques avec les centres de recherche INRAE en région, est un outil indispensable dans la construction de partenariats efficaces avec les acteurs publics territoriaux et en lien avec ceux de la recherche et de l'enseignement supérieur. Nous travaillons à accompagner les équipes INRAE dans cette démarche. ●

Les Assises de la forêt et du bois

Lancées à l'initiative de la Première ministre, ces assises ont réuni, d'octobre 2021 à mars 2022, élus, acteurs de la filière, scientifiques et organisations non gouvernementales pour construire la forêt de demain. En appui aux ministères chargés de l'Agriculture et de l'Écologie, INRAE s'est largement investi dans les réflexions conduites à cette occasion. Il est pilote ou partenaire d'un tiers des actions qui en émanent, actuellement en cours de déclinaison opérationnelle.

- Biodiversité : Plan Vieux bois et forêts subnaturelles
- Adaptation au changement climatique : cartographie des zones soumises au risque incendie, choix d'essences d'avenir, production de matériels forestiers de reproduction, préservation des sols, promotion d'actions de R&D, équilibre forêt-gibier
- Labels bas carbone : augmentation du nombre de projets forestiers labellisés
- Création de la French Wood Tech, en lien avec la démarche French Agri Tech soutenue par le ministère de l'Agriculture
- Observation et surveillance de la forêt : création d'un observatoire (pilote par l'IGN)
- Renforcement de la recherche : programme et équipement prioritaire de recherche FORESTT (Forêts et changements globaux : systèmes socioécologiques en transition), piloté par INRAE

Une école chercheurs sur les démarches d'expertise scientifique collective

La Direction à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études d'INRAE a organisé, avec l'Inserm et l'IRD, une école chercheurs sur les démarches d'ESCO, que les 3 organismes pratiquent depuis plus de 20 ans. Tenue à Lyon en juin 2022, elle s'intitulait « Entre science et décision, quel rôle pour l'expertise scientifique collective ? Échanges d'expériences, méthodes et réflexions pour mieux répondre aux attentes respectives des décideurs, de la société civile et des scientifiques ». Les principes qui légitiment ces exercices et leurs réponses aux attentes étaient au cœur de cette formation, appréciée des participants d'horizons institutionnels, disciplinaires et géographiques variés. Une comparaison des modes opératoires du GIEC, de l'IARC, de l'IPBES, de l'Anses et des ESCo INRAE-Inserm-IRD a notamment montré comment chacun garantit la qualité de l'expertise et l'inscrit dans l'action publique. Cette formation sera renouvelée et devrait essaimer.

Expertise et appui aux politiques publiques



Protection des cultures et impacts des pesticides : éclairages apportés par deux expertises scientifiques collectives

Dans le cadre du programme Écophyto II+, les ministères en charge de la Transition écologique, de l'Agriculture et de la Recherche ont confié à INRAE et l'Ifremer le pilotage d'une expertise scientifique collective (ESCo) sur les impacts des pesticides sur la biodiversité et les services écosystémiques, du lieu d'application jusqu'aux milieux marins, en France métropolitaine et d'outre-mer. Cette expertise restituée le 5 mai 2022 repose sur l'analyse de plus de 4 000 publications de la littérature scientifique internationale par un comité de 46 experts et expertes scientifiques issus de 19 organismes de recherche publics. Les mêmes financeurs ont confié à INRAE une deuxième ESCo « Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles » rendue publique le 20 octobre 2022. Basée sur l'analyse de 1 900 références scientifiques dont 225 travaux de synthèse, elle a mobilisé 31 experts et expertes scientifiques.

Impacts des pesticides sur l'environnement et intérêt de la diversification végétale pour les réduire

La première ESCo montre que les pesticides sont présents partout, dans l'air, le sol, l'eau et les organismes vivants, y compris dans les grands fonds marins et les zones polaires pour les molécules les plus persistantes. Les zones agricoles proches des points d'application sont les plus contaminées. Les utilisations de pesticides sont une des causes principales du déclin des invertébrés terrestres et aquatiques et des oiseaux, et sont suspectées de jouer un rôle majeur dans le déclin des amphibiens et chauves-souris. Leurs impacts sur les microorganismes affectent notamment la dégradation de la matière organique des sols et des cours d'eau. Les services écosystémiques de pollinisation et de lutte naturelle contre les bioagresseurs sont également réduits. Des recherches complémentaires sont nécessaires pour mieux quantifier l'impact de ces produits et de leurs mélanges sur l'environnement. Les leviers existants pour atténuer la contamination et ses impacts sont liés à la réglementation, aux pratiques d'utilisation des produits et à la structure des

paysages (bandes enherbées, haies, mosaïque paysagère...). Ils sont à raisonner par combinaison de leviers et ne protègent jamais totalement la biodiversité.

Les conclusions de la seconde ESCo montrent que la diversification végétale constitue un levier majeur pour réduire l'usage des pesticides. Mélanges variétaux, associations d'espèces, succession de cultures dans le temps, agroforesterie, haies et autres éléments semi-naturels du paysage concourent à protéger les cultures en favorisant la régulation naturelle des bioagresseurs. Cela sans perte majeure de rendement. Des recherches sont nécessaires afin de mieux comprendre les effets combinés des différentes pratiques pour réguler simultanément plusieurs ravageurs des cultures. Les outils de modélisations pourraient être utilisés à cette fin, combinés à la télédétection pour améliorer le suivi des pratiques de diversification. L'ESCo pointe également que de nombreux verrous en amont et en aval des filières agricoles limitent le déploiement de ces stratégies de protection des cultures, que les politiques publiques pourraient inciter à plus adopter. Mieux concevoir et évaluer ces politiques est nécessaire.

Matière à réflexion et action pour la société

« Nous avons organisé la restitution de la première expertise de façon à pouvoir très vite sensibiliser les pouvoirs publics européens. Ces enseignements ont ainsi pu être présentés les 11 et 12 mai 2022 à l'occasion d'une conférence organisée par le ministère chargé de l'Environnement dans le cadre de la présidence française de l'Union européenne, dont l'objectif était de tracer la voie d'une meilleure prise en compte de la biodiversité dans l'évaluation des risques des produits chimiques. L'Anses y présentait également le Partenariat européen – qu'elle coordonne – pour l'évaluation des risques liés aux substances chimiques (PARC) avec l'ambition de concevoir "une évaluation de nouvelle génération plus protectrice" », explique Sophie Leenhardt, cheffe de projet de l'expertise sur les impacts des pesticides sur l'environnement. « Les conclusions

➤
Parcelle d'expérimentation en agroforesterie sur le domaine de Restinclières, associant une culture de céréale (orge) à une plantation de noyers hybrides. ©INRAE - B. Nicolas

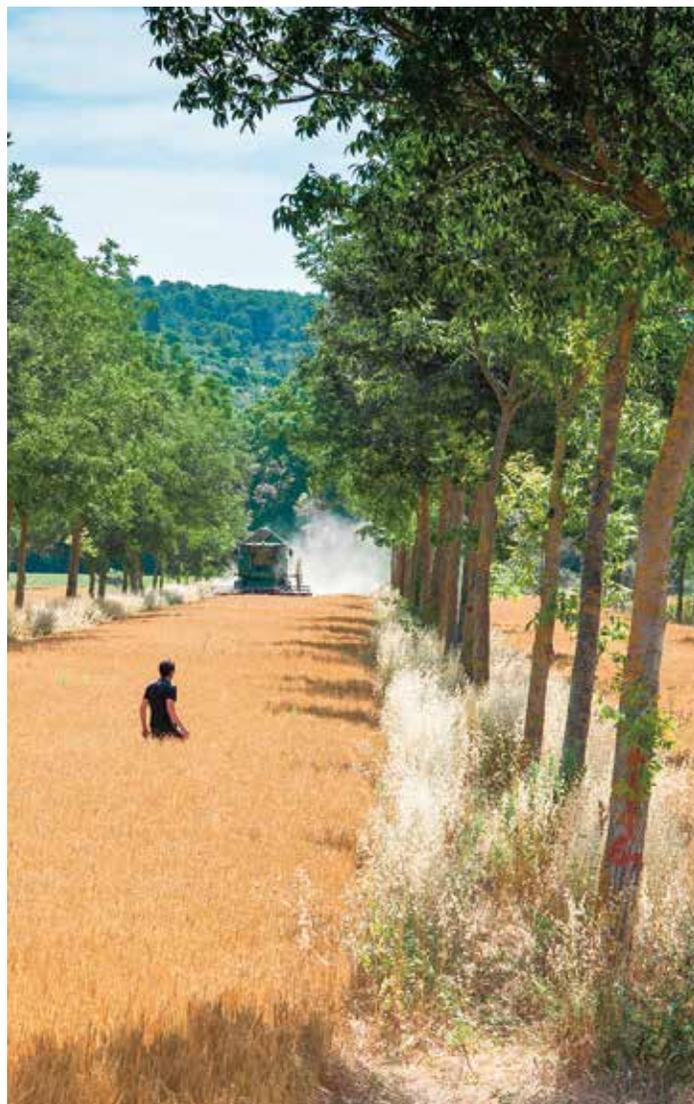
sur l'intérêt de la diversification végétale, et celles de la prospective restituée en 2023 sur la faisabilité d'une agriculture européenne sans pesticides chimiques en 2050, s'inscrivent opportunément dans le calendrier de négociation du règlement européen SUR (Sustainable use of pesticides regulation), qui vise à fixer aux États membres des objectifs contraignants en matière de réduction d'usage des pesticides. Ils pourront également être utilisés lors de la révision annuelle de la nouvelle programmation de la PAC, entrée en application début 2023 », poursuit Anaïs Tibi, cheffe de projet de l'expertise sur la diversité végétale.

“

Clarifier l'état des connaissances mobilisables par les pouvoirs publics français et européens.

”

La discussion avec les parties prenantes et les 25 présentations assurées jusqu'à présent en réponse à la demande d'une diversité d'acteurs associatifs, professionnels ou politiques contribuent à la diffusion des connaissances dans la société. La restitution de l'expertise INRAE-Ifremer, précédée par une conférence de presse, a généré plus de 300 retombées dans les médias traditionnels et plus de 2 000 sur les réseaux sociaux. Les conclusions de l'expertise sur la diversité végétale ont été présentées au cours d'un colloque rassemblant près d'un millier de personnes. Cette deuxième restitution a été à l'origine de retombées médiatiques essentiellement dans la presse agricole. « En cumulant l'ensemble, ces sujets figurent parmi les plus traités médiatiquement pour INRAE en 2022 », commente Sandrine Vinzant, directrice de la Communication d'INRAE.



« De tels travaux enrichissent également nos questions de recherche. Si leurs impacts sur les politiques publiques ne peuvent se percevoir qu'avec quelques années de recul, ils ont été unanimement salués par les pouvoirs publics français et européens pour leur capacité à éclairer les décisions actuelles », conclut Guy Richard, directeur de l'Expertise scientifique collective, de la prospective et des études.

Partenariat et innovation



En cohérence avec la feuille de route Innovation (2021-2024), un plan d'actions a été élaboré et mis en place en 2022. Il repose sur 4 axes : développer la culture de l'innovation au sein d'INRAE, intensifier la recherche partenariale et la valorisation des résultats de recherche, en s'appuyant en particulier sur nos 5 réseaux Carnot, intensifier et favoriser la création d'entreprises et les liens avec les start-up.

Cela s'est concrétisé notamment par la consolidation du 5^e Carnot porté par INRAE, « Eau et environnement », le renforcement de nos collaborations avec de grands groupes (Lesaffre, Tereos) la poursuite du développement de laboratoires partenariaux associés (LPA) avec des partenaires socioéconomiques, et le soutien à la création d'entreprises.

76



Toujours plus de laboratoires partagés avec nos partenaires

Quatre nouveaux laboratoires partenariaux associés (LPA)

Initiée en 2021, la volonté de prioriser la création de LPA a porté le total de ces laboratoires à 9, avec 4 nouvelles conventions signées cette année, sachant que l'objectif est de porter à 30 ces LPA à l'horizon 2026. Avec cette nouvelle forme de partenariat, le partenaire bénéficie de l'excellence scientifique des équipes d'INRAE et d'équipements de pointe pour accompagner son développement. Pour l'institut, cela permet notamment de partager avec le partenaire des problématiques de R&D et d'accès aux marchés qui feront émerger de nouvelles questions scientifiques. Les résultats des travaux sont gérés contractuellement et peuvent donner lieu à des publications individuelles ou conjointes et à des valorisations communes. Les nouveaux LPA portent sur la protection intégrée du colza et des légumineuses, le traitement des eaux usées, les virus de la vigne et la valorisation des fibres lignocellulosiques (lin, chanvre).

Le laboratoire 4FM pour le développement de la filière biomatériaux

Utiliser les fibres végétales (lin, chanvre, miscanthus, etc.) pour de nouveaux matériaux (isolation, béton, textile) est une voie de développement de la bioéconomie. Mais l'utilisation de fibres végétales irrégulières se heurte toujours à des freins scientifiques, techniques. Pour dépasser ces obstacles, INRAE et l'université de Reims Champagne-Ardenne (URCA), via l'unité mixte de recherche Fractionnement des agroressources et environnement (UMR FARE) unissent leurs compétences avec le CRT Fibres recherche développement (FRD) et créent un laboratoire partenarial associé (LPA) nommé 4FM. Premier objectif : améliorer la qualité des fibres de chanvre afin de standardiser les procédés de transformation textile ou composite.

Quatre nouveaux LabComs avec des PME

Financés par l'Agence nationale de la recherche (ANR), le dispositif des laboratoires communs associe des laboratoires publics à des PME ou ETI. Il structure le partenariat sur des visions et stratégies communes pour produire et innover de façon pérenne. En 2022, 4 nouveaux LabCom impliquant INRAE ont été créés, dans les domaines de l'agroécologie, des probiotiques, du microbiote intestinal et de la santé, et sur les transformations numériques liées à l'environnement.



Soutenir la création d'entreprise

START And GROW

encourager et accompagner la création d'entreprises

INRAE amplifie ses actions pour favoriser la création d'entreprises à partir des résultats de ses recherches. Le programme START And GROW vise ainsi à renforcer la détection et l'accompagnement des porteurs de projets, de l'idée jusqu'à la création, pour accroître le nombre de start-up créées. Objectif : d'ici 2026 favoriser l'innovation par la création ou le soutien R&D de 100 start-up.



START And GROW, c'est un accompagnement sur mesure avec un appel à candidatures semestriel : les scientifiques désireux de participer suivront des séances de travail collectives (positionnement, business model, pitch, plan d'actions) et présenteront ensuite leur projet devant le jury START And GROW constitué d'experts de l'accompagnement de start-up, financeurs, start-up studios, coaches. Les scientifiques repartiront avec un plan d'actions sur mesure et seront suivis par une équipe de coaches et un chargé de valorisation dédiés à leur projet. L'avancement du plan d'actions est suivi grâce à des points réguliers avec un groupe de mentors. Pour la première promotion de START And GROW, 7 projets de start-up sont accompagnés.

Succès pour la première édition de l'évènement Startup for Planet

Invités pour la première fois à découvrir les innovations des start-up liées à INRAE, AgroParisTech et l'Institut Agro Montpellier, 320 acteurs de l'innovation (développement, business angels, investisseurs publics) ont répondu présents (dont 200 en ligne) à Paris le 27 septembre 2022. Ils ont ainsi découvert les innovations de 17 start-up de l'agritech, la foodtech et la greentech. Une table ronde avec Bpifrance, Demeter, la Ferme Digitale et INRAE dressait en complément un panorama des tendances d'investissements agritech-greentech-foodtech. Rendez-vous pour la prochaine édition en 2024.



P. Mauguin,
PDG d'INRAE,
lors de l'évènement
Startup for planet.
©INRAE

Le consortium AgriO a des ailes

Après 2 ans d'existence, le consortium apporteur d'affaires French Tech Seed piloté par INRAE, AgriO, fait preuve d'un beau dynamisme. Avec 9 nouvelles start-up labellisées en 2022, il porte à 32 les start-up accompagnées labellisées depuis sa création, leur permettant de bénéficier de fonds publics et d'augmenter leur attractivité vis-à-vis des investisseurs privés. Le consortium se renforce également de 2 nouveaux partenaires, Shakeup Factory et Vegepolys Valley, et de 4 experts de labellisation.



Acteurs publics et privés réunis autour de démonstrateurs préindustriels pour accélérer l'innovation

Lancement du Grand défi Ferments du Futur

La fermentation offre un potentiel d'innovation exceptionnel dans un contexte de transition vers une alimentation plus sûre, plus saine et plus durable. C'est pourquoi l'État a décidé d'investir 48,3 millions d'euros dans le cadre du Grand défi Ferments du Futur-France 2030, coordonné par INRAE et l'ANIA. Ferments du Futur, c'est un écosystème public-privé de 34 membres liés par un accord de consortium. Il intègre un réseau de 7 unités de recherche et leurs équipements et un projet de plateforme d'innovation à Saclay, unique en Europe, pour fin 2024. Construit autour de projets de recherche ambitieux, ce Grand défi, alimenté également de fonds privés, financera chaque année de nouveaux projets de recherche et innovation.



78



AgroTechnoPôle, une plateforme d'innovation ouverte dédiée aux agroéquipements

L'AgroTechnoPôle est un démonstrateur préindustriel pour le développement de solutions technologiques en réponse aux enjeux de l'agriculture et pour accélérer la transition agroécologique. Son objectif est de lever les verrous scientifiques et technologiques rencontrés dans 6 domaines : robotique agricole, systèmes d'information, aide à la décision, etc. Elle contribuera notamment au Grand défi Robotique agricole porté par l'association Robagri.

Le consortium AgroTechnoPôle, signé fin 2021, a été officiellement lancé par les 15 partenaires de la plateforme en juin 2022, lors de la première réunion de son comité d'orientation stratégique sur le site INRAE de Montoldre dans l'Allier.



Évaluation de nouvelles technologies en milieux maîtrisés sur l'AgroTechnoPôle de Montoldre (03).
©INRAE / TSCF - P. Héritier



UMT

En 2022, le partenariat scientifique et technique d'INRAE s'est renforcé avec la mise en route de 12 unités mixtes techniques (UMT) nouvellement labellisées ou simplement renouvelées, toutes pour 5 ans.
Ce dispositif de coopération avec les instituts techniques s'articule autour d'un projet de R&D commun entre organismes de recherche et de développement.

Liste des UMT INRAE : <https://www.gis-reliance-agronomique.fr/GIS-UMT-RMT/Les-UMT>

Quatre nouvelles UMT ont été validées en 2022 par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

UMT Become

Améliorer le bien-être des petits animaux (lapins, volailles, poissons) en répondant aux demandes citoyennes, tout en préservant les marchés, la compétitivité des filières et l'environnement.

Partenaires

l'Institut technique de l'aviculture, pisciculture et cuniculture (ITAVI), le Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (SYSAAF), avec l'unité INRAE Biologie des oiseaux et Aviculture (BOA).

UMT Ecotech

Identifier, valider puis promouvoir les possibilités de réduction des quantités d'intrants phytosanitaires employés en viticulture via l'amélioration des techniques et des pratiques de pulvérisation, l'adaptation des doses aux caractéristiques de la végétation à protéger et la mise à profit des potentialités offertes par les technologies de l'information et de la communication pour sécuriser les applications.

Partenaires

l'Institut français de la vigne et du vin (IFV) avec l'unité Technologies et méthodes pour les agricultures de demain (ITAP, INRAE et Montpellier SupAgro).

UMT FUP

Travailler sur la durabilité des fermes urbaines professionnelles pour « analyser les enjeux économiques, techniques et paysagers de ces nouvelles formes agricoles et anticiper leurs impacts sur la renaturation des territoires urbains en vue de leur transition écologique ».

Partenaires

ASTREDHOR, l'ITAVI, ENSPV, AgroParisTech avec l'UMR Science action développement-Activités produits territoires (SADAPT-INRAE, AgroParisTech, université de Paris Saclay).

UMT STAR

Se concentrer sur les questions posées par le défi climatique à l'élevage des 3 filières de petits ruminants (caprins, ovins allaitants et ovins laitiers), en particulier sur le stress hydrique subi par les animaux et sur la disponibilité et la variabilité des ressources alimentaires.

Partenaires

l'Institut de l'élevage (Idele) avec l'unité INRAE Génétique, physiologie et systèmes d'élevage (GenPhySE).



Vie des collectifs

Équipe Vignes résistantes,
Unité mixte de recherche Santé de la vigne
et qualité du vin à Colmar.
©INRAE - C. Maître





INRAE, engagé dans la RSE



ENTRETIEN AVEC

Fabrice Marty

Directeur général délégué Ressources*

INRAE a lancé une stratégie de responsabilité sociale et environnementale en 2020. Face aux enjeux sociétaux, comment INRAE s'est-il concrètement organisé pour transformer cette ambition ?

L'institut met en œuvre une démarche qui vise à réduire son empreinte écologique et accroître les effets positifs de ses activités sur l'environnement et la société. C'est effectivement une orientation majeure de politique générale définie dans le cadre du Plan stratégique INRAE2030. Partagée avec le collectif, très demandeur, cette orientation est devenue un objectif central de tout l'institut. INRAE s'est d'abord doté d'une gouvernance et d'une organisation robustes, tant sur le plan national que local, afin de pouvoir intégrer tout son spectre d'activités et déployer des actions au plus près des enjeux des sites et le plus rapidement possible.

En 2021, les premières pierres de l'édifice avaient été posées avec la création d'une direction dédiée (la DRSE) et d'un réseau de responsables RSE dans les centres. Le mouvement s'est amplifié en 2022 avec le déploiement du Plan d'actions RSE lancé en février après sa validation par le collège de direction. Il comprend des objectifs, des

propositions d'actions et une méthode d'élaboration de la trajectoire carbone de l'institut pour tendre vers la neutralité en 2050 : INRAE bas carbone.

L'engagement du collège de direction, qui représente à la fois l'appui et la science, est total et déterminant et la concertation a été renforcée par la création d'un comité d'orientation et de suivi (COS RSE) composé de 18 membres, dont un tiers de partenaires et personnalités qualifiées. Ce COS RSE débat sur les sujets émergents au sein de l'établissement et émet des avis sur des projets structurants : trajectoire bas carbone, enjeux autour de l'usage du plastique, mobilité longue distance nécessitant les transports aériens, etc. Mis en place en janvier 2022, il a également évalué les projets de la pépinière RSE qui sont de formidables leviers pour mobiliser les personnels et disposer de projets innovants pour nourrir cette démarche.

Comment comptez-vous assurer le déploiement sur le terrain dans l'ensemble de l'institut ?

Dès mars 2022, la DRSE a entrepris un tour de France des centres pour échanger avec tous les acteurs locaux :

“

Au-delà de la rigueur de la méthode, le succès de notre stratégie réside dans la consolidation d'une culture commune.

”

équipes de direction et d'appui, mais également en assemblée générale avec tous les personnels et enfin avec les principaux partenaires académiques, pour sensibiliser et fédérer sur ces enjeux RSE. La stratégie RSE est d'ailleurs pleinement intégrée dans les schémas de centre 2022-2026.

Au-delà des actions de sensibilisation et de mobilisation, essentielles, il a fallu définir des indicateurs de suivi du Plan RSE d'INRAE afin de pouvoir l'ajuster, et aussi d'être en capacité de piloter cette dynamique de progrès.

Les unités expérimentales ont été pionnières pour travailler à la conformité réglementaire de leurs activités et installations en matière environnementale, pour réduire leurs impacts négatifs et accroître leurs impacts positifs, notamment au travers de la démarche de management environnemental. Forts de cette expérience, d'autres types d'unités pilotes vont rejoindre ce mouvement.

L'expertise des chercheurs d'INRAE sur la préservation de la biodiversité, l'alimentation et bien sûr en terme de trajectoire bas carbone constitue un atout majeur dans l'élaboration de l'ambition du projet de l'institut.

Quel est le facteur clé de succès de la mise en œuvre d'une stratégie RSE ?

Au-delà de la rigueur de la méthode, le succès réside dans la consolidation d'une culture commune. Cela passe par une information, une sensibilisation et une formation régulières de chacune et chacun en externe et en interne. Il faut sans cesse rendre visibles les efforts et progrès d'INRAE en matière de RSE. Cet enjeu d'ouverture et de transparence est le 3^e axe de notre plan, aux côtés des exigences de cohérence et d'engagement.

Tout au long de 2022 ont eu lieu de manière régulière des actions de communication (fête de la biodiversité, semaine de la qualité de vie au travail, semaine du handicap, projets de la pépinière...) et de sensibilisation (économies d'énergie, ménage numérique...) mais aussi des actions de formation. Ainsi la DRSE, avec la DRH et son pôle Formation tout au long de la vie, ont identifié et inclus les enjeux RSE au Plan de développement des compétences de l'institut, tant par des formations métiers que par des formations spécifiques – par exemple pour favoriser une plus grande sobriété énergétique, en particulier pour les directeurs et directrices des unités expérimentales qui ont la charge d'infrastructures très énergivores.

Comment intégrer les incertitudes liées au contexte énergétique ?

Dans le contexte de l'automne 2022, l'implication de chacune et chacun était déterminante, c'est pourquoi il était important de mettre un accent particulier sur les actions de sensibilisation et de partage d'expériences pour multiplier les bonnes pratiques. En cohérence avec les orientations du gouvernement, INRAE a initié un Plan de sobriété énergétique au niveau national décliné

par des Plans de maîtrise énergétique élaborés par chaque centre pour permettre à l'institut d'atteindre dès 2023 une baisse de consommation de 10 % par rapport à 2021.

Grâce à l'action d'équipes « énergie » constituées à cet effet et de réunions de coordination avec les différents réseaux métiers mobilisés, les résultats sont d'ores et déjà encourageants en matière de consommation globale de l'institut, preuve que les efforts paient et que la trajectoire est la bonne.

Ces efforts contribuent à la trajectoire « INRAE bas carbone », en cohérence avec les objectifs fixés par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche dans son Plan climat-biodiversité et transition écologique de diminuer les émissions de gaz à effet de serre.

L'élaboration de la trajectoire bas carbone a démarré dès la fin d'année 2022 et se poursuivra tout au long de 2023 avec le concours de tous et toutes, car là aussi c'est un chantier qui doit être participatif. ●



Actions RSE

La stratégie RSE de l'institut se déploie sur toutes ses activités, avec toujours comme mots d'ordre « participatif », « engagement » et « résultats ».



Un plan de sobriété énergétique avec des premiers résultats encourageants

Dès début 2022, notre institut a réalisé une cartographie énergétique de l'ensemble de ses implantations bâties (plus d'1 million de m² répartis sur 2 200 bâtiments). Ce premier état des lieux a permis d'identifier les bâtiments et les dispositifs expérimentaux les plus énergivores.

Cette cartographie a structuré le plan de sobriété énergétique que nous avons élaboré, en réponse à la demande de l'État de viser une réduction de 10 % de sa consommation dès 2023. Ce plan mobilise 3 leviers : optimiser l'exploitation technique, rationaliser l'utilisation des locaux et des dispositifs dans le respect du maintien des activités, sensibiliser les occupants à l'usage de l'énergie.

En fin d'année, chacun des 19 centres d'INRAE a remis son plan de maîtrise énergétique, déclinaison territoriale du plan national adaptée au contexte géographique et environnemental et aux activités de chacun. Grâce à la mobilisation de toutes et tous, certaines pratiques de recherche ont pu être repensées pour limiter leur

impact énergétique (réorganisation des modes de conservation des échantillons dans l'ultrafroid, replanification des cycles d'autoclavage, mutualisation d'équipements scientifiques).

Les premiers résultats sont encourageants, avec un gain de 10 % dès 2022 par rapport à la consommation 2021 (-15 % sans correction de la rigueur hivernale) alors que les mesures n'ont été déployées que sur le dernier trimestre.

Ce plan de sobriété s'accompagne d'un programme d'investissement initié en 2021 par les 54 projets financés à hauteur de 14 millions d'euros dans le cadre du plan de relance, et complété en 2022 avec une enveloppe d'1 million d'euros pour 19 nouveaux projets.

Ces investissements sont consacrés à l'isolation des bâtiments, l'amélioration des systèmes de distribution ou de pilotage du chauffage, le remplacement de chaudières ou la mise en place de panneaux photovoltaïques.



BRÈVES

Un Plan d'achats durables 2022-2025

Le Plan d'achats durables pluriannuel 2022-2025 s'inscrit pleinement dans la politique RSE de l'établissement. Il prévoit notamment :

- La mise en place d'un référentiel de clauses environnementales et sociales, incluant la prise en compte du label Alliance, dans les dossiers de consultations : prolongations des durées de garantie (ordinateurs, téléphones), circuits courts dans la restauration collective, travail sur la comptabilisation en équivalent CO₂ des prestations et livraisons effectuées.
- La prise en compte de critères de développement durable dans les grilles d'analyse des offres, pouvant porter par exemple sur la consommation énergétique des matériels scientifiques.

Le plan d'achats durables fera l'objet d'indicateurs spécifiques de suivi.

En matière de restauration collective, INRAE a identifié en 2022 une **référente Egalim**, chargée de veiller au déploiement de l'application des dispositions de la loi Egalim dans les marchés de restauration.

Politique carbone affirmée :

du BEGES à un institut bas carbone

S'appuyant sur le **1^{er} bilan des émissions de gaz à effet de serre (BEGES)** réalisé en 2020, la DRSE a développé et lancé en 2022 un outil d'aide à la décision « StopGES » pour permettre aux unités d'identifier les émissions de GES liées à leurs activités et les actions à mettre en œuvre en 3 étapes : une démarche d'autoévaluation, des pistes de réduction et des pistes d'action.

L'outil **StopGES** propose un module d'évaluation des impacts des réductions envisagées, afin de sensibiliser à la pertinence

des actions, de les prioriser, voire d'arbitrer entre différentes stratégies possibles. Après avoir été testé de manière probante auprès d'unités pilotes, StopGES est proposé aux unités, avec un accompagnement par les responsables RSE de centre (sensibilisation, diagnostic et phase opérationnelle).

Par ailleurs, pour construire une trajectoire bas carbone à la fois ambitieuse, réaliste et partagée, un travail collectif préalable a été jugé nécessaire pour identifier les obstacles à lever, les conditions d'équilibre coûts/bénéfices, les conséquences pour l'activité de recherche et questionner le fonctionnement de l'institut en s'appuyant sur la force mobilisatrice de cette démarche pleine de sens.

La méthode ACT (Assessing low Carbon Transition®), proposée par l'ADEME, a été retenue comme support de ce travail. Elle structurera la réflexion en s'appuyant sur une démarche éprouvée à l'échelle internationale. Parallèlement, une démarche participative sera menée, permettant de se projeter dans le futur d'INRAE, en identifiant des objectifs de long terme (2050), pour ensuite revenir sur des actions de moyen (2030) et court terme (2025). L'ADEME accompagne INRAE, en tant qu'établissement pilote, pour l'adaptation de cette méthode à un établissement de recherche publique.

Plan mobilité

L'institut a mis en place des actions pour répondre à ses obligations de construire un **plan de mobilité** (PDM) et restituer chaque année des indicateurs attestant de son investissement en la matière via le dispositif SPE (Services publics écoresponsables) et en identifiant un référent mobilité INRAE. La diffusion d'un guide national sur les mobilités durables permet à chaque centre de décliner son propre plan de mobilité durable.

Par ailleurs, l'instauration pour les agents d'un **forfait mobilité durable** favorisant les mobilités douces tout comme la démarche de **mutualisation des parcs automobiles** de l'institut ou encore les recommandations encadrant certains modes de déplacement énergivores de transports sont autant d'outils pour contribuer à la réduction de l'impact carbone de nos activités, ainsi que des pollutions qui y sont liées.





Une pépinière interne de projets

Une **pépinière de projets RSE** a été lancée en février 2022. Ce premier appel à projets a rencontré un beau succès avec 46 projets déposés, en provenance de 17 centres.

L'évaluation des projets a été réalisée par le comité d'orientation et de suivi (COS) RSE qui a privilégié le caractère innovant, la prise de risque et le potentiel de dissémination, plutôt que le dimensionnement du projet. La direction du Patrimoine et de l'Immobilier et la direction des Ressources humaines ont été consultées sur certains d'entre eux. Les avis du COS RSE ont été soumis à la Direction générale pour décision. À l'issue de ce processus d'évaluation, 24 projets seront financés pour un budget total d'environ 280 000 €.

➤ **Le projet CADI : une approche participative des enjeux de la restauration collective**

Une alimentation saine contribuant à un environnement préservé est au cœur des priorités d'INRAE et du projet CADI. Porté par le Centre des sciences du goût et de l'alimentation (CSGA) du centre Bourgogne-Franche-Comté, le projet a pour objectif de faire se rencontrer résultats de recherche et les besoins du centre concernant la restauration collective. Sur la base du cadre réglementaire existant (loi Egalim, loi Climat et résilience), CADI a permis, en impliquant les convives, d'identifier 4 axes thématiques prioritaires sur lesquels faire évoluer le service de restauration du centre : proposer des produits de qualité, diversifier les protéines, lutter contre le gaspillage et abandonner l'utilisation de plastique. Le projet s'organise donc autour de 4 groupes de travail thématiques, en charge de définir de manière collaborative des expérimentations, de les mettre en œuvre avec les acteurs de la restauration, et d'en évaluer les résultats grâce à des panels d'indicateurs.

➤ **Le projet SUNFRISE : du soleil pour produire du froid**

Atteindre une plus grande sobriété en maîtrisant mieux la consommation d'énergie des dispositifs expérimentaux est un des défis du projet SUNFRISE. Il est porté par l'unité FRISE (centre Île-de-France-Jouy-en-Josas Antony), spécialiste en génie des procédés frigorifiques, qui travaille sur la réduction de l'impact environnemental des systèmes de production de froid, en particulier sur une chambre froide autonome en besoins énergétiques. L'objectif du projet est d'équiper une chambre froide d'un système de refroidissement régulé en privilégiant l'utilisation de l'énergie solaire par le biais de panneaux photovoltaïques ou bien de panneaux solaires thermiques.

L'utilisation de ces nouvelles technologies pourrait avoir plusieurs impacts positifs comme la réduction des coûts de consommation énergétique, la mise en œuvre d'une production de froid écologique qui pourrait être étendue à INRAE ainsi que le développement d'une thématique de recherche au sein de l'unité sur l'intégration des énergies renouvelables.





Attractivité et qualité de vie au travail au cœur de la politique RH de l'institut

En cohérence avec l'ambition sociale de l'institut, l'attractivité ainsi que la qualité de vie et des conditions de travail (QVCT) d'INRAE sont des axes forts de la feuille de route de la Fonction des ressources humaines (FRH) 2021-2025. De nouveaux dispositifs ont été mis en place concernant les modes d'organisation du travail, la solidarité des collectifs, la solidité des actions de prévention des risques et l'accompagnement des agents dans la construction de leur parcours et de leurs carrières par un management attentionné et structurant.





L'enjeu pour INRAE en matière d'attractivité est non seulement d'attirer de nouvelles compétences mais également de fidéliser

Dans ce cadre, la DRH et la direction de la Communication se sont attelées en 2022 au chantier de l'identité employeur comme levier d'attractivité. Il s'agit de mettre en valeur tout ce qui fait sens à INRAE tant par les recherches qui y sont menées que par la qualité des relations humaines. Faire connaître les opportunités offertes en termes de cadre de travail et d'offre de services RH (construction des parcours, accompagnement social, protection de la santé...) est aujourd'hui indispensable pour fidéliser la communauté de travail et accroître notre notoriété. Ce travail a trouvé sa pleine expression dès les campagnes de recrutement 2023.



Bien vivre ensemble à INRAE passe par une double labellisation Diversité-Égalité professionnelle

La politique Diversité-Égalité de l'institut vise non seulement à lutter contre les discriminations et les stéréotypes, mais aussi à tirer profit de la diversité comme levier de performance d'innovation, de créativité et d'organisation. Ainsi la double labellisation Diversité-Égalité professionnelle accordée dès 2020 à plusieurs centres pilotes d'INRAE est désormais étendue à tous les centres. INRAE poursuit les actions impulsées tout en continuant de s'enrichir auprès de réseaux externes avec ses homologues d'autres organismes de recherche ou d'associations comme l'Association française des managers de la diversité ou Femmes et sciences. Fin 2023, l'institut sera à nouveau audité pour le renouvellement de la labellisation.



Clara Tremberth, Lauriers INRAE 2022, prix Appui à la recherche. Elle travaille à la direction du Partenariat et du Transfert pour l'innovation (DPTI) qui participe à la définition et à la mise en œuvre de la politique d'innovation de l'institut.
©INRAE - C. Maître

BRÈVES

Prévention des RPS et promotion de la QVCT : un partenariat avec l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (ANACT) renouvelé

Un dispositif d'accompagnement au développement du plan d'action de prévention des risques psychosociaux (RPS) a été mis en place. Ce partenariat vise, grâce à une méthode revisitée et simplifiée, à augmenter la professionnalisation des acteurs ressources de proximité au sein des centres de recherche d'INRAE tout en favorisant le développement de la qualité de vie et des conditions de travail (QVCT).

Charte managériale d'INRAE : une clarification de notre organisation

Fruit de nombreux échanges initiés au printemps 2021 et d'un travail approfondi conduit entre présidentes et présidents de centre et cheffes et chefs de département, cette première charte managériale d'INRAE a été finalisée en 2022. Elle réaffirme la position centrale de l'unité en tant que socle de l'organisation scientifique, technique et administrative de l'institut et lieu essentiel de contribution à sa stratégie et à son déploiement. Cette charte reconnaît entre autres la place et le rôle de l'encadrant de proximité et affirme, dans un contexte en constante évolution, la stabilité de notre organisation qui s'appuie sur des valeurs partagées et une équipe managériale qui les porte au plus haut niveau.





Éthique et laïcité

Très vigilant sur l'éthique et les droits, INRAE a poursuivi en 2022 la structuration de son organisation, la communication et la sensibilisation sur ces questions.



Éthique, déontologie et intégrité scientifique : la dynamique s'amplifie

L'année 2022 a été marquée par une impulsion nouvelle donnée au comité consultatif d'éthique commun à INRAE, au CIRAD, à l'IRD et à l'Ifremer, désormais appelé Éthique en commun, permettant une visibilité accrue de son action et une meilleure appropriation de ses travaux. Son nouveau site internet propose notamment une interactivité renforcée avec les chercheurs.

www.ethique-en-commun.org

- Le comité a également rendu deux avis sous un chapeau commun « Besoins humains, ressources naturelles et préservation de la biosphère » : l'un sur « **pollution et usages concurrentiels de l'eau** »
url.inrae.fr/43IV5OT
- l'autre sur « **pratiques agricoles et qualité des sols** ». url.inrae.fr/3KshgKz

2022 a été aussi une année clé de transposition de la réflexion éthique à l'échelle des projets de recherche afin de permettre une appropriation des enjeux par les équipes et une évaluation éthique des projets qui le nécessiteraient grâce à une démarche d'auto-évaluation à destination des porteurs de projet et à la mise en place d'un comité d'éthique des projets en agriculture, alimentation et environnement qui s'est réuni pour la première fois en octobre 2022.

ec éthique
en commun





Référente laïcité

Clara Bacchetta est devenue le 1^{er} juillet 2022 la première référente laïcité de l'institut. Sa mission : apporter conseil aux chefs de service et aux agents pour la mise en œuvre du principe de laïcité, notamment par l'analyse et la réponse aux sollicitations de ces derniers portant sur des situations individuelles ou sur des questions d'ordre général. Elle assure également la sensibilisation des personnels INRAE au principe de laïcité et la diffusion de l'information sur ce principe. Enfin elle contribue à la participation d'INRAE à la Journée nationale de la laïcité le 9 décembre de chaque année.

LES LAURIERS INRAE



Six Lauriers ont été remis le 29 novembre 2022 lors d'une cérémonie en présence de Marc Fesneau, ministre de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. Pour l'excellence de leurs travaux et leur impact pour la société, le jury international a récompensé 5 parcours remarquables et un collectif.



Thierry
Candresse

Grand Prix de la Recherche agronomique

Il est l'un des plus grands spécialistes mondiaux des virus des arbres fruitiers et s'est très tôt intéressé au séquençage des virus et à la métagénomique végétale. Ses travaux ouvrent des alternatives prometteuses aux pesticides. « La diversité des virus est sans commune mesure avec les autres formes de vie. Ils n'ont aucun dénominateur commun », témoigne Thierry Candresse.

Directeur de recherche, équipe virologie de l'UMR Biologie du fruit et Pathologie, centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux



Collectif
Vignes résistantes

Prix collectif Impact de la recherche

Comment produire des vignes naturellement résistantes aux maladies pour s'affranchir de traitements chimiques tout en produisant des vins de qualité ? Les membres du collectif « Vignes résistantes » travaillent depuis 20 ans à l'amélioration génétique pour une viticulture durable. Ils ont ainsi mis au point et fait inscrire 9 variétés nouvelles de vignes résistantes au mildiou et à l'oïdium, permettant de réduire de façon significative le nombre de traitements fongicides.

Le collectif Vignes résistantes réunit agronomes, généticiens, pathologistes et œnologues de plusieurs unités des centres Grand Est-Colmar, Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux et Occitanie-Montpellier.



Clara
Tremberth

**Prix Appui
à la recherche**

Clara veille au meilleur équilibre entre protection des inventions et diffusion, et au transfert des connaissances pour le développement de la recherche et de l'innovation.

Responsable du Service commun d'ingénierie contractuelle, DPTI-DAPP-DRI-DESSE-DAJ-DIFA, centre-siège, Paris-Antony



Didier
Azam

**Prix Innovation
pour la recherche**

Ses travaux sur les poissons sauvages et d'élevage contribuent à la définition de mesures de gestion des espèces aquatiques et de leurs milieux.

Directeur de l'unité expérimentale d'Écologie et d'Écotoxicologie aquatique (U3E), centre Bretagne-Normandie



Sophie
Nicklaus

**Prix
Défi scientifique**

Ses recherches sur les comportements alimentaires visent à promouvoir une alimentation saine et durable et contribuent à une souveraineté alimentaire à l'échelle du territoire de Dijon.

Directrice de recherche, Centre des sciences du goût et de l'alimentation, centre Bourgogne-Franche-Comté



Claire
Berton-Carabin

**Prix
Espoir scientifique**

Elle exploite le potentiel des protéines végétales pour stabiliser les émulsions alimentaires et développer des procédés de transformation à faible impact environnemental.

Directrice de recherche, unité Biopolymères, interactions, assemblages (BIA), centre Pays de la Loire





Nos scientifiques distingués



Prix de l'Académie d'agriculture de France

Quatorze chercheuses et chercheurs INRAE ont été lauréats des prix 2022 de l'Académie d'agriculture de France.

Trois scientifiques d'INRAE ont reçu une médaille d'or pour récompenser l'ensemble de leur carrière. **Abdelhafid Bendahmane**, directeur de recherche de l'Institut des sciences des plantes, est expert international en matière de génomique et sélection des plantes. **Nicole Darmon**, directrice de recherche à l'UMR MoISA, a passé sa carrière à mener des recherches visant à lutter contre les inégalités sociales de santé en promouvant une sécurité alimentaire et nutritionnelle durable. Quant à **Michèle Tixier-Boichard**, coordinatrice de l'infrastructure RARE et de l'équipe plateformes de l'unité Génétique animale et biologie intégrative, elle œuvre pour collecter, caractériser, conserver et distribuer les ressources biologiques utiles à la recherche agronomique.

Quatre médailles de vermeil valorisent des travaux encore peu connus mais à l'impact potentiel majeur : **Christian Le Lay**, de l'unité Science du sol, dont les travaux en observation, cartographie et micromorphologie des sols ont permis des transferts vers les agriculteurs ; **Philippe Pinton**, de l'unité Toxicologie alimentaire, qui contribue au développement d'outils d'analyse des effets des contaminants alimentaires ;

Véronique Souchère, agronome de l'unité SADAPT, dont les recherches portent sur les méthodes de conception d'organisations territoriales et sur des démarches de recherche participative qui concilient production agricole et préservation de l'environnement ; et **Marie-Christine Daunay**, de l'unité Génétique et amélioration des fruits et légumes, qui se consacre aux ressources génétiques des espèces légumières.

Sept médailles d'argent Dufrenoy ont été décernées pour une thèse soutenue l'année précédente :

Aurore Beral a réalisé son doctorat sur le déterminisme génétique et écophysiologique de la variabilité des masses de grains individuels chez le blé tendre. Les travaux d'**Étienne David** mobilisent le numérique au service de l'amélioration des plantes.

Ronan Griot a été primé pour sa thèse sur la sélection génomique et le déterminisme génétique de la sensibilité à des maladies infectieuses chez le bar et la daurade. La thèse de **Juliana Melendrez Ruiz** a été remarquée pour son étude des mécanismes sous-jacents au choix d'aliments riches en protéines végétales. Le travail de recherche de **Muhammad Tanveer Munir** porte sur la convergence des disciplines sciences du bois et microbiologie. **Alexis Porcher** montre dans sa thèse l'intérêt de prendre en compte le métabolisme oxydatif du bourgeon axillaire pour l'adaptation des plantes au changement climatique. La thèse de **Simon Vonthron** analyse les pratiques alimentaires dans la métropole de Montpellier et ouvre sur des questions de précarité et de justice alimentaire.



Médaille Chevreul

La Société française pour l'étude des lipides a attribué la médaille Chevreul 2022 à **Marie-Caroline Michalski**, directrice de recherche au laboratoire CarMeN, pour l'excellence de ses travaux scientifiques dans le domaine de la nutrition humaine et des lipides.

Trophée des Étoiles de l'Europe

René Baumont a été distingué par le trophée des Étoiles de l'Europe, mention Innovation, pour le projet SmartCow (voir page 68).

Prix Carnot

Christian Jay-Allemand (université de Montpellier) et **Luc Bidet** (INRAE), chercheurs à l'UMR IATE, unité appartenant au Carnot 3BCAR, ont remporté le 1^{er} grand prix Carnot de la Recherche partenariale pour leur projet d'ecoextraction sélective de biomolécules actives (ESBAC).

Prix Écoantibio

Jing Jing Liu, doctorante au sein du laboratoire INTHERES, a reçu le prix de recherche Écoantibio 2022 pour ses travaux sur la destruction des biofilms de staphylocoques.



Abdelhafid
Bendahmane



Christian
Le Lay



Philippe
Pinton



Véronique
Souchère



Nicole
Darmon



Aurore
Beral



Alexis
Porcher



Simon
Vonthron



Marie-Caroline
Michalski



René
Baumont



Luc
Bidel



Michèle
Tixier-Boichard



Jing Jing
Liu



Une communication plus efficiente et plus responsable

2022 marque un retour à la normale des activités événementielles de l'institut, au premier rang desquelles l'édition du Salon international de l'agriculture 2022 (« SIA des retrouvailles »). Des rencontres thématiques sous forme d'agora ont été expérimentées, formule permettant une médiation scientifique plus ouverte entre INRAE et ses publics et qui a rencontré beaucoup d'enthousiasme et sera pérennisée pour les prochaines éditions. Cette année 2022 a également permis de consolider les fondamentaux mais aussi d'apporter des évolutions et améliorations de la communication pour accompagner les orientations scientifiques et de politique générale de l'institut.



Méthodes, outils et démarches : vers une ingénierie de la communication

L'objectif de **professionnalisation** au sein de la Direction et plus largement d'INRAE a été au cœur de travaux avec la Formation permanente nationale afin de parvenir, dans le cadre du plan de développement des compétences, à mettre en place en 2023 un dispositif de formation dans le but de professionnaliser les filières communication et les communicants, qu'ils soient de métiers ou occasionnels. Ce sera la première fois qu'un tel dispositif pourra se déployer en 2023 à l'échelle de l'institut.

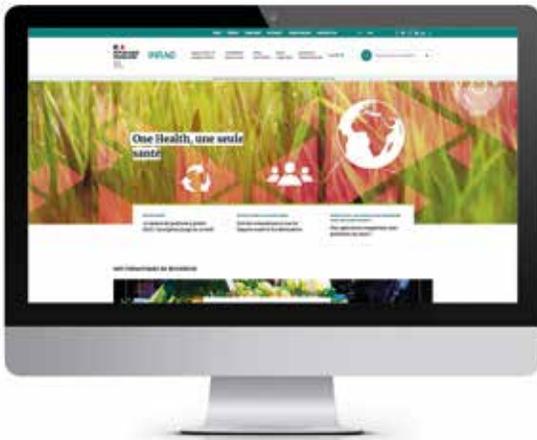


Consolider nos audiences, fidéliser nos publics cibles en proposant de nouveaux formats et de nouvelles approches

Se renouveler en proposant de nouveaux formats qui rendent plus accessibles les connaissances produites par INRAE au service des citoyens est un des enjeux de la direction de la Communication. C'est dans cette optique qu'a été lancé en 2022 un nouveau format à destination de la presse pour éclairer l'actualité : « Décryptage ». Ce dossier synthétique accompagné d'une conférence de presse (disponible en replay) a permis de fournir un éclairage utile sur le sujet Incendies (juin) et Inondations (novembre). Toujours à destination de la presse et en plus des événements dédiés (11 conférences de presse et visites de terrain/labs), une newsletter mensuelle « le fil d'INRAE » a été lancée en janvier 2022 avec succès. Le travail de consolidation de la notoriété d'INRAE porte ses fruits puisque désormais le nom de l'organisme est retenu à plus de 85 %.

Afin d'amplifier l'évolution favorable du nombre de visites sur notre site internet en hausse de plus de 10 % par rapport à 2021 pour les pages en français, un travail d'amélioration du référencement et de diversification de nos formats est également en cours pour permettre une meilleure visibilité de nos sujets et dossiers régulièrement actualisés. L'articulation digitale de la revue *Ressources*, lancée avec succès en 2021, a permis de travailler particulièrement la valorisation des dossiers thématiques auprès de notre cible grand public. Ces dossiers réalisés en grande partie par l'équipe éditoriale interne font ainsi partie des meilleures audiences sur les réseaux sociaux et notre site.

96



En 2022 la direction de la Communication s'est attachée au chantier de **l'amélioration de l'accessibilité numérique des sites inrae.fr et jobs.inrae.fr** suite à un audit réalisé en novembre 2022.

Cette démarche de progrès a été initiée après une phase de diagnostic réalisée par audit externe et a permis d'apporter les améliorations nécessaires (accessibilité du menu de navigation, nommage des PDF, optimisation des infos associées aux liens et des

textes alternatifs aux images...). Si des améliorations sont toujours en cours, les deux sites bénéficient désormais d'un certificat de conformité et atteignent un taux moyen de conformité de 87,7 % alors que le site n'ayant jamais été audité était identifié comme non conforme au moment de l'audit.



Déploiement de notre stratégie de communication à l'international

La direction de la Communication s'est dotée en mars 2022 d'une nouvelle stratégie de communication à destination de l'Europe et de l'international en ligne avec la stratégie de l'institut. Ce plan de communication qui permet de développer une communication structurée vers la communauté scientifique internationale a été suivi dans les faits d'actions de communication sur des grands temps forts internationaux qui ont permis d'accroître la visibilité d'INRAE à l'international. Aussi bien au Forum mondial de l'eau à Dakar, que pendant la présidence française du conseil de l'UE, ou encore pendant les 2 conférences des Nations unies qui se sont tenues à l'automne sur la biodiversité et le climat.

Gagner en visibilité et expliquer l'implication d'INRAE dans les grands enjeux globaux a été une de nos priorités concrétisée par un webdoc retraçant de manière chronologique les grands rendez-vous et contributions d'INRAE à chaque étape de la construction de la gouvernance mondiale de l'environnement de 1972 à 2022. L'édition de la version digitale du magazine *Ressources* en anglais a fait l'objet d'une mise en avant mensuelle auprès de notre communauté depuis le mois d'octobre 2022 via une nouvelle newsletter dédiée à un dossier.



Consolidation de la communication sur l'innovation

INRAE a renforcé dès 2017 sa politique d'innovation au sein de son établissement. Afin de rendre cette activité plus visible et plus lisible auprès de nos interlocuteurs, en particulier du monde socio-économique, une communication dédiée est structurée autour de la marque « Innover avec INRAE ». Notre communauté innovation est notamment animée via les réseaux sociaux. Un premier événement autour de nos start-up réunissant scientifiques, investisseurs et acteurs publics s'est tenu en septembre 2022 pour valoriser nos pépites actuelles et en devenir. Fort du succès de ce format, il sera renouvelé à l'avenir tous les 2 ans.



Sensibiliser autour des engagements RSE, un enjeu prioritaire de communication interne

En lien avec la stratégie responsabilité sociétale et environnementale (RSE) et son plan d'actions, l'institut a proposé en 2022 des opérations et animations régulières, au plan national comme dans les centres, et suscité l'intérêt et l'adhésion des agents. Ainsi, l'actualité intranet nationale publiée à l'occasion de la Semaine de l'énergie a été l'actualité la plus lue depuis la création du site intranet en 2019 (3 750 visites). Des actions de sensibilisation et de communication (jeux sérieux, webinaire, animations locales) ont également été réalisées dans divers domaines : Semaine européenne de réduction des déchets (autour des déchets électroniques), pour l'égalité et la diversité (portraits, vidéos) ou encore pour valoriser l'action sociale portée par INRAE (promotion de la politique de l'ADAS, des aides sociales en lien avec la DRH...). Par ailleurs, la réunion du réseau des communicants le 10 mai 2022 a été l'occasion d'une acculturation sur les enjeux de la communication responsable.





Organisation et chiffres-clés





Instances



Conseil d'administration

Composition au 31 décembre 2022

Président

Philippe MAUGUIN, président d'INRAE

Représentants de l'État

- Benoit BONAIME, Directeur général de l'enseignement et de la recherche, Ministère de l'Agriculture et de la souveraineté alimentaire (MASA)
- Marion BARDY, sous-directrice de la recherche, de l'innovation et des coopérations internationales, DGER-MASA (suppléante)
- Cyril MOULIN, adjoint au chef du service de la Stratégie de la recherche et de l'Innovation (DGRI/SSRI), ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR)
- Anne PUECH, MESR (suppléante)
- Diane SIMIU, directrice adjointe au commissaire général au Développement durable, Commissariat général au développement durable (CGDD)
- Thierry COURTINE, chef du service de la recherche et de l'innovation, ministère de la Transition écologique (suppléant)
- Agathe ROLLAND, cheffe du bureau de la recherche et de l'enseignement supérieur à la direction du Budget, ministère de l'Action et des Comptes publics
- Edouard LE METAYER, 3^e sous-direction de la direction du Budget, ministère des Finances (suppléant)

Représentants d'établissements publics ayant une mission d'enseignement supérieur ou de recherche

- Elisabeth CLAVERIE DE SAINT-MARTIN, présidente-directrice générale du Cirad
- François ROCHE-BRUYN, directeur général d'AgroSup Dijon

Personnalités choisies en fonction de leurs compétences dans les secteurs de l'agriculture, de l'environnement et de l'alimentation

- Paul-Joël DERIAN, directeur général Innovation, Recherche et Développement durable, Groupe Avril
- François ENGUEHARD, Time for the Planet
- Anne-Claire VIAL, présidente de l'Acta-les instituts techniques agricoles

Au titre de la représentation du monde du travail et de l'économie

- Dominique CHARGE, président de la Coopération agricole
- Annabel FOURY, secrétaire nationale FGA-CFDT

Personnalités choisies parmi les représentants d'associations agréées de défense des consommateurs et d'associations agréées de protection de l'environnement

- Marie-Claude FOURRIER, responsable du bureau consommation, Association nationale de défense des consommateurs et usagers
- François LETOURNEUX, président d'honneur du Comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature

Représentants élus du personnel de l'établissement

Titulaires

Dominique DESBOIS, CFDT
 Elisabeth TABONE, CFDT
 Pascale MAILLARD, CGT
 Eric LATRILLE, CGT
 Baptiste HAUTDIDIER,
 SUD Recherche EPST

Suppléants

Anne DE LA FOYE, CFDT
 Jean-Marc BONNEFOND, CFDT
 Michel BERTRAND, CGT
 Laurence ARTIGE, CGT
 Fabrice GUIZIOU,
 SUD Recherche EPST



Conseil scientifique

Composition au 31 décembre 2022

Président

Philippe GILLET, professeur à l'EPFL (Suisse)

Membres INRAE

- Philippe MAUGUIN, président-directeur général d'INRAE
- Carole CARANTA, directrice générale déléguée à la science et l'innovation

Membres de droit

- Ministère en charge de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation : Lise FECHNER, titulaire, ou Alain LAGRANGE, suppléant
- Ministère en charge de l'Agriculture : Marion BARDY, sous-directrice adjointe de la recherche, de l'innovation et de la coopération internationale, ou Sofia MLALA, suppléante
- Ministère en charge de l'Environnement : Gwenaëlle HELLO, sous-direction de la recherche, titulaire, ou Céline COUDERC-OBERT, suppléante

Membres nommés

Par arrêté en date du 9 novembre 2020, les ministres en charge de l'Agriculture et de la Recherche ont nommé les personnalités suivantes :

- Philippe GILLET, professeur à l'EPFL (Suisse), assure la présidence du Conseil scientifique
- Valérie ARCHAMBAULT, directrice adjointe de la Recherche, en charge des partenariats industriels à MINES ParisTech-PSL
- Sylvie BAUDINO-CAISSARD, directrice du laboratoire Biotechnologies végétales, université de Saint-Étienne
- Antoine BAULE, directeur général de Lesaffre et compagnie
- Patrick CARON, vice-président délégué aux relations internationales de l'université de Montpellier
- Jérôme CHAVE, directeur adjoint de l'UMR Évolution et diversité biologique, CNRS/UPS de Toulouse
- Cécile CLAVEIROLE, responsable politique des questions agricoles de France Nature Environnement
- Anne-Charlotte DOCKES, responsable du département Métiers de l'élevage et société de l'Institut de l'élevage
- Thierry DORE, responsable de la politique recherche de l'université Paris-Saclay
- Teresa FERREIRA, professeur au département des ressources naturelles de l'université de Lisbonne (Portugal)
- Elisabeth GRAF-PANNATIER, membre de l'état-major de la direction

de l'Institut fédéral de recherche WSL de Birmensdorf (Suisse)

- Sophien KAMOUN, professeur au Sainsbury Laboratory, université de Norwich (Royaume-Uni)
- Thierry LEFRANCOIS, directeur du département Systèmes biologiques-BIOS du Cirad
- Xavier LITRICO, directeur Recherche et Scientifique du Groupe SUEZ
- Eveline VOLCKE, professeur en génie des procédés à l'université de Gand (Belgique)

Membres INRAE élus

Secteur 1 : Agroécosystèmes, Mathématiques et numériques

Wolfram LIEBERMEISTER (titulaire)

Marie-Anne LAUNAY (suppléante)

Secteur 2 : Écologie et biodiversité, Écosystèmes aquatiques, ressources en eau et risques

Philippe ROZENBERG (titulaire)

Christelle GRAMAGLIA (suppléante)

Secteur 3 : Biologie et amélioration des plantes, Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences

Juliette SALVAING (titulaire)

Denis LECLERCQ (suppléant)

Secteur 4 : Santé des plantes et environnement

Benoit FACON (titulaire)

Louise VAN OUDENHOVE (suppléante)

Secteur 5 : Aliments, Produits biosourcés et déchets

Nathalie GONTARD (titulaire)

Thierry BENEZECH (suppléant)

Secteur 6 : Physiologie animale et systèmes d'élevage

Denise AUBERT (titulaire)

Christophe GAUTHIER (suppléant)

Secteur 7 : Génétique animale, Santé animale

Claude CHARVET (titulaire)

Sandrine TRUCHET (suppléante)

Secteur 8 : Alimentation humaine, Microbiologie et chaîne alimentaire

Jean-Paul LALLES (titulaire)

Emmanuelle MAGUIN (suppléante)

Secteur 9 : Économie et sciences sociales, action, transitions et territoires

Marie THIOULET-SCHOLTUS (titulaire)

Vincent MARTINET (suppléant)

Secteur 10 : Appui à la recherche

Christine CHARLOT (titulaire)

Bruno COTTE (suppléant)



Observateurs syndicaux

Chaque organisation syndicale représentée au comité technique de l'institut peut désigner un représentant pour assister aux réunions du conseil scientifique en qualité d'observateur.

CFDT : Dominique DESBOIS

CFTC : Bruno PONTOIRE

CGT : Jean-Louis DURAND

SUD : Cyril DUTECH



Les Commissions scientifiques spécialisées (CSS) et leurs présidents

CSS N°1 - Agronomie, Élevage, Forêt
Eric MALEZIEUX

CSS N°2 - Biologie des interactions hôtes-agresseurs, Symbiotes et Commensaux
Daniel BARTHELEMY

CSS N°3 - Biologie intégrative des plantes
Emmanuel GUIDERDONI

CSS N°4 - Écologie, Biologie des populations et Dynamique des écosystèmes
Philippe USSEGLIO-POLATERA

CSS N°5 - Génétique végétale et animale
Pierre BOUDRY

CSS N°6 - Mathématiques, Informatique, Sciences et Technologies du numérique, Intelligence artificielle et robotique
Etienne BIRMELE

CSS N°7 - Microbiologie, Écosystèmes microbiens, Systèmes agro-alimentaires, Biotechnologies
Christophe JUNOT

CSS N°8 - Nutrition et Toxicologie
Christophe MAGNAN

CSS N°9 - Biologie animale
Claude DUCHAMP

CSS N°10 - Sciences de l'environnement : Terre, Eau et Atmosphère
Anne-Catherine FAVRE

CSS N°11 - Sciences et Ingénierie des aliments, des matériaux, produits biosourcés et Ressources d'origine résiduaire
Etienne PAUL

CSS N°12 - Sciences économiques, sociales et de gestion
Jean-Philippe TROPEANO

CSS N°13 - Soutien et Pilotage de la recherche
Philippe MAUGUIN



Comité Éthique en commun INRAE - Cirad - Ifremer - IRD

Composition du Comité d'éthique

Michel BADRÉ, président du Comité d'éthique
Ingénieur École polytechnique-École nationale du génie rural, des eaux et des forêts. Membre du Conseil économique, social et environnemental, au titre du groupe des associations environnementales.

Bernadette BENSAUDE-VINCENT, vice-présidente du Comité d'éthique
Professeure émérite à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, agrégée de philosophie et docteure ès lettres et sciences humaines.

Madeleine AKRICH, directrice de recherche et ingénieure à l'École des mines de Paris (Centre de sociologie de l'innovation) et docteure en socioéconomie de l'innovation.

Bernard BRET, spécialiste de l'Amérique latine et plus particulièrement du Brésil. Ancien professeur à l'université Lyon III.

Catherine BOYEN, directrice de recherche au CNRS, docteure en biologie végétale, directrice de la Station biologique de Roscoff-Centre de recherche et d'enseignement en biologie et écologie marines, Sorbonne université-CNRS (biologie marine, algues, génomique, évolution, microbiome, biodiversité marine et biotechnologie marine).

Denis COUVET, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, président de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, professeur associé à l'université de Lausanne et à SciencesPo Paris, ingénieur agronome, docteur en sciences de l'évolution et écologie.

Mireille DOSSO, directrice de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, professeure de microbiologie.

Mark HUNYADI, professeur de philosophie sociale et politique à l'université catholique de Louvain ; professeur associé à l'Institut des Mines-Télécom Paris et à l'EHESS ; membre du comité éthique d'Orange ; membre du comité d'orientation et du comité de pilotage du Forum vies mobiles.

Youba SOKONA, professeur, 40 années d'expérience dans le domaine de l'eau, de l'énergie, de l'environnement et du développement durable en Afrique. Participation aux travaux du GIEC dès 1990 ; élu vice-président en octobre 2015. Successivement cofondateur du Programme énergie d'ENDA-TM, secrétaire exécutif de l'Observatoire

du Sahara et du Sahel (OSS) et coordinateur de African Climate Policy Centre (ACPC). Jusqu'en 2020, conseiller principal pour le développement durable au South Centre. Membre de l'Académie africaine des sciences.

Marie-Geneviève PINSART, philosophe, professeure à l'université libre de Bruxelles-Pôle de recherche en éthique appliquée. Membre du Comité consultatif d'éthique pour la recherche en partenariat (CCERP) de l'IRD.

Paula MARTINHO DA SILVA, avocate spécialisée en propriété intellectuelle et sciences de la vie. Membre du Comité international de bioéthique (UNESCO), membre du Comité d'éthique de la Fondation Champalimaud et du centre hospitalier universitaire de Lisbonne Centre.

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

Laurent THÉVENOT, directeur d'études à l'EHESS (chaire Sociologie pragmatique de la politique et de la morale), membre du centre Georg Simmel, et membre de l'Académie d'agriculture de France. Ingénieur de l'École polytechnique et de l'ENSAE.

Secrétariat commun

INRAE : Christine CHARLOT, secrétaire générale, avec l'appui de Claire LURIN

Cirad : Marie DE LATTRE-GASQUET

Ifremer : Marianne ALUNNO-BRUSCIA

IRD : Chloé DESMOTS



Effectifs ressources humaines et budget

8 092

agents titulaires
(ETPT)*

51 %
4 098 femmes

49 %
3 954 hommes

2 019 chercheurs
3 168 ingénieurs
2 904 techniciens

2 433

contractuels
(ETPT)

*ETPT : équivalent temps plein travaillé.
Prend en compte la quotité de temps
(temps partiel ou pas) et la période
de travail (une année ou moins).

Subvention pour charge
de service public

825,1 M€

Ressources propres

246,2 M€

Ressources propres contractuelles
176,9 M€

ANR	43,7
PIA	17,9
Autres établissements publics	15,2
Collectivités territoriales	24,3
Europe	37,2
Ministères	7,2
Organ. de rech. et d'enseignement sup.	6,0
Partenaires socioéconomiques	25,4

Ressources propres non contractuelles
69,3 M€

Subventions affectées	6,7
Dons et legs	0,1
Redevance pour brevets, licences	4,4
Prestations de services	18,5
Ventes de produits	19,6
Autres subventions	8,2
Autres produits de gestion courante	8,6
Produits financiers et exceptionnels	3,2

Ressources 2022

1 071,3 M€



77,02 %

Subvention pour charge
de service public

22,98 %

Ressources propres



Partenariat et innovation

Partenariats socioéconomiques

Nouveaux contrats de partenariats avec des partenaires socioéconomiques **440**

Nombre de dispositifs de partenariats avec des partenaires socioéconomiques

- 28** Unités mixtes technologiques (UMT)
- 5** Carnot
- 8** Labcom
- 9** LPA
- 3** Démonstrateurs pré-industriels
- 25** start up créées entre 2017-2022
- 80** doctorants CIFRE

Propriété intellectuelle

Déclarations d'invention et de résultats valorisables **150**

Nouveaux brevets déposés **38**

Nouveaux certificats d'obtention végétale (COV) **8**

Valorisation

Nouveaux accords de valorisation (licence, option, etc.) sur brevet, savoir-faire, logiciel, marque, modèle **48**

Nouvelles licences sur COV **31**

Prématuration

Financement **970k€**

Création d'entreprises

Création d'entreprises à partir de résultats INRAE **4**

Consortium AgriO **9**

Entreprises labélisées

Recettes

Contrats de recherche avec les partenaires socioéconomiques **25,4 M€**

Licences sur les certificats d'obtention végétale (COV) **2,9 k€**

Licences sur brevets et savoir-faire et logiciels **1,9 k€**



Filiales



Fondées en 2006 par l'Inra, Irstea (réunis en INRAE depuis), le Cirad et l'Ifremer, les éditions Quæ sont le premier éditeur scientifique public français sur les thématiques de ces organismes. Son catalogue propose plus de 1 000 titres en langues française et étrangère à destination d'un public scientifique et professionnel, et aussi d'un large public intéressé par ces enjeux scientifiques et sociétaux. Engagée fortement dans l'accès ouvert (open access) depuis 2018, la maison d'édition a élargi sa diffusion à une communauté internationale avec des ouvrages en accès ouvert et d'autres commercialisés en format papier et numérique, certains conjuguant les 2 modèles pour une offre mixte, papier payant et numérique en accès ouvert. Les ouvrages sont disponibles en vente directe sur internet notamment sur quae.com et en librairie pour les payants, et ainsi que sur quae-open.com et des plateformes nationales et internationales pour les ouvrages en accès ouvert.



Transformer ensemble les innovations pour le bien-être de la planète et des humains

En tant que filiale, INRAE Transfert développe des activités visant à accompagner INRAE dans la mise en œuvre de sa politique de transfert, d'une part, et de projets européens, d'autre part.

Ses missions sont orientées vers l'ingénierie de projets complexes et le management de transferts de technologies dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement et concernent :

- le transfert des résultats de la recherche aux entreprises ;
- le soutien à la création d'entreprises innovantes ;
- l'animation et la gestion des Carnot ;
- le montage, la négociation et la gestion de projets européens ;
- des activités de RDI au sein de démonstrateurs et de plateformes ;
- des prestations technologiques et d'intelligence économiques pour des tiers.



La SAS Château Couhins, située dans le vignoble bordelais et propriété d'INRAE, poursuit le travail engagé il y a plus de vingt ans vers une production viti-vinicole de qualité plus respectueuse de l'environnement et des hommes, illustrée par sa conversion à l'agriculture biologique en 1999. Le premier millésime 100% bio sortira ainsi du chai cet automne avec le Château Couhins Blanc 2022, grand cru classé, et la Dame de Couhins Blanc 2022. Il faudra attendre le printemps 2024, pour les premiers rouges BIO (château Couhins et Dame de Couhins). Le domaine continue par ailleurs son ambitieux développement avec l'objectif de déployer sur site, à l'échelle large d'une exploitation, les résultats des travaux d'INRAE en matière d'agro-écologie.



Fondée en 1983, Agri Obtentions, filiale d'INRAE, est un semencier français multispèce dont le cœur de métier est l'innovation variétale. Très engagé dans la transition agroécologique, Agri Obtentions a pour objectif de proposer des solutions nouvelles aux agriculteurs en cohérence avec leurs pratiques. Précurseur dans l'offre de variétés adaptées à l'agriculture biologique, Agri Obtentions propose une large gamme de semences aussi bien en céréales qu'en protéagineux, sarrasins, lentilles et fourragères. De même, il propose une gamme de variétés adaptées aux associations et aux mélanges d'interculture et est impliqué dans l'innovation en potagères.

En quelques chiffres :

- 16,22 M€ de chiffre d'affaires (CA) réalisé en France et en Europe
- 31 % du CA investi en recherche et développement
- Plus de 400 licences
- 10 groupes d'espèces et plus de 450 variétés diffusées



Organigramme

(Au 31 décembre 2022)



COLLÈGE DE DIRECTION

PRÉSIDENTE - DIRECTION GÉNÉRALE



DIRECTEURS SCIENTIFIQUES



DIRECTIONS D'APPUI À LA RECHERCHE

Armelle CARNET <i>Responsabilité sociale et environnementale</i>	Guy RICHARD <i>Expertises scientifiques collectives, prospectives et études</i>	Nicolas de MENTHÈRE <i>Appui aux politiques publiques</i>
Philippe LÉNÉE <i>Partenariat et transfert pour l'innovation</i>	Odile HOLOGNE <i>Science ouverte</i>	Frédéric GAYMARD <i>Évaluation</i>
Louis-Augustin JULIEN <i>Financement et Achats</i>	Guillaume PINGET <i>Patrimoine et Immobilier</i>	Françoise ROUDAUT <i>Systèmes d'information</i>
Pierre-Yves SAINT <i>Appui au pilotage (DIAGONAL)</i>	Cécile JANET <i>Affaires juridiques</i>	Marie-Claude PAULIEN <i>Coordination des services déconcentrés de l'appui à la recherche</i>

DÉLÉGATIONS

Françoise SIMON-PLAS <i>Déontologie, Intégrité scientifique, Éthique des projets</i>	Catherine BEAUMONT <i>Parité et lutte contre les discriminations</i>
Nathalie GANDON <i>Informatique et Liberté</i>	Stéphane AYMERICH <i>Infrastructures de recherche</i>
Jean-Baptiste MERILHOU-GOUDARD <i>Sciences en société</i>	David CAFFIER <i>Sécurité biologique</i>

MISSIONS

Nicolas BÉCARD <i>Sécurité défense</i>
Sylvie NUGIER <i>Sécurité des systèmes d'information</i>
Michaël CHELLE <i>Transition numérique</i>
Hadi QUESNEVILLE <i>Administrateur des données scientifiques</i>

Karine GUERITAT
*Administratrice
du siège*

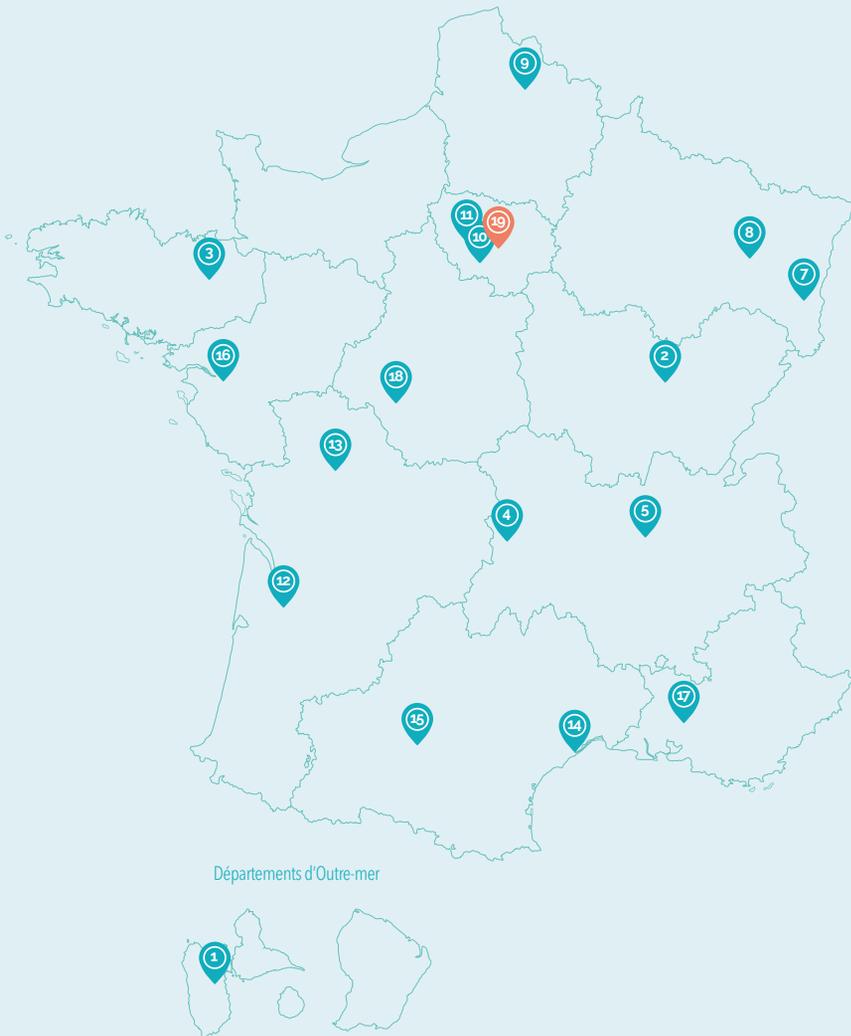
Philippe MARTIN
Agent comptable principal



Les 18 centres

(Au 31 décembre 2022)

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



- ① Antilles-Guyane
Président : Harry Archimède
- ② Bourgogne-Franche-Comté
Présidente : Nathalie Munier-Jolain
- ③ Bretagne-Normandie
Présidente : Héléne Lucas
- ④ Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes
Président : Emmanuel Hugo
- ⑤ Lyon-Grenoble-Auvergne-Rhône-Alpes
Président : Pascal Boistard
- ⑥ Corse
Président : André Torre
- ⑦ Grand Est-Colmar
Président : Serge Kauffmann
- ⑧ Grand Est-Nancy
Présidente : Meriem Fournier
- ⑨ Hauts-de-France
Président : Julien Fosse
- ⑩ Île-de-France-Jouy-en-Josas-Antony
Présidente : Nathalie Touze
- ⑪ Île-de-France-Versailles-Saclay
Président : Egizio Valceschini
- ⑫ Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux
Président : Olivier Lavalie
- 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 : Alain Sommervogel (par intérim)
- ⑱ Val de Loire
Président : Marc Guérin
- ⑲ **Centre-siège Paris-Antony**
Administratrice : Karine Gueritat



Les 14 départements de recherche

(Au 31 décembre 2021)

	Action, transitions et territoires Christophe SOULARD		Génétique animale Edwige QUILLET
	Agroécosystèmes Thomas NESME		Mathématiques et numérique Hervé MONOD
	Alimentation humaine Lionel BRETILLON		Microbiologie et chaîne alimentaire Sylvie DEQUIN
	Écosystèmes aquatiques, ressources en eau et risques Mohamed NAAIM		Physiologie animale et systèmes d'élevage Xavier FERNANDEZ
	Biologie et amélioration des plantes Isabelle LITRICO-CHIARELLI		Santé animale Muriel VAYSSIER-TAUSSAT
	Écologie et biodiversité Catherine BASTIEN		Santé des plantes et environnement Marie-Hélène OGLIASTRO
	Économie et sciences sociales Pierre DUPRAZ		Aliments, produits biosourcés et déchets Michael O'DONOHUE

111

Structures


207
unités
de recherche


43
unités
expérimentales


23
unités
de service

INRAE

Rapport d'activité 2022



147, rue de l'université
75338 Paris Cedex 7
Tél. : +33 1 (0)1 42 75 90 00

Rejoignez-nous sur :



site internet national ou site internet du centre

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



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE

