



INRAE

Rapport d'activité
2024

AE

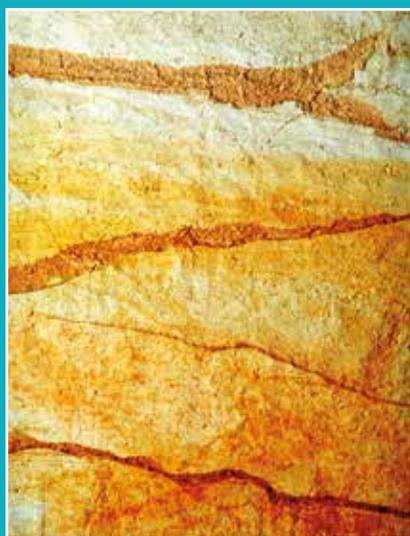


Image de couverture

Profil de sol.

Centre de recherche Île-de-France-Versailles-Saclay.

Département Agroécosystèmes.

© INRAE - F. Van Oort

INRAE





^
Expérimentations sur l'impact du changement climatique sur le lait, Herbipôle du centre INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes.
©INRAE - C. Maître

^
Examen du troupeau du dispositif expérimental Effialim.
Domaine expérimental du Pin-au-Haras.
©INRAE - B. Nicolas









^
Examen d'un cadre de ruche pour évaluer à la loupe binoculaire l'infection par le parasite varroa.
Unité Abeilles et environnement. Centre INRAE Provence-Alpes-Côte d'Azur.
©INRAE - C. Maître



SOMMAIRE

PORTFOLIO
Orientations scientifiques
en images
p.1

ÉDITO
Par Philippe Mauguin
Président-directeur général d'INRAE
p.8

TEMPS FORTS
Une année avec INRAE
p.12

Agralife, l'agence de programme
confiée à INRAE
p.16

La recherche à risque et en rupture
soutenue grâce à EXPLOR'AE
p.18

INRAE et France 2030
p.20

Faits marquants scientifiques

ORIENTATIONS SCIENTIFIQUES

Répondre aux enjeux environnementaux
et gérer les risques associés
p.24

Accélérer les transitions agroécologique
et agroalimentaire, en tenant compte
des enjeux économiques et sociaux
p.36

Une bioéconomie basée sur une utilisation
sobre et circulaire des ressources
p.52

Favoriser une approche globale
de la santé
p.56

Mobiliser les sciences de la donnée
et les technologies du numérique
au service des transitions
p.68

SCIENCE OUVERTE
p.74

Partenariats et impacts

Enseignement supérieur
et politique de sites
p.78

Europe
p.82

International
p.86

Expertise et appui
aux politiques publiques
p.90

Partenariat et innovation
p.94

Vie des collectifs

Transition écologique
et énergétique
p.102

L'institut s'engage pour
la simplification et l'égalité
p.106

Éthique, déontologie
et laïcité
p.108

Les Lauriers 2024
p.110

Prix et distinctions
p.112

Communication
p.114

Organisation et chiffres-clés

Conseil d'administration
p.120

Conseil scientifique
p.121

Les Commissions scientifiques
spécialisées (CSS) et leurs présidents
p.122

Comité Éthique en commun
INRAE - Cirad - Ifremer - IRD
p.123

Effectifs ressources humaines
et budget
p.124

Partenariat et innovation
p.125

Filiales
p.126

Organigramme INRAE
p.128

Centres et départements
de recherche
p.130



Directeur de la publication
Philippe Mauguin

Coordination éditoriale
Anne Krapp, Hélène Lucas,
Sandrine Vinzant et Élodie Ruhr

Relecture
Élodie Ruhr

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

Direction artistique
Arnaud Veldeman

Conception graphique et réalisation
Studio Création INRAE

Imprimerie
Groupe Exprim
923, route du Neubourg
27520 Grand-Bourgtheroulde

Dépôt légal
Juillet 2025
ISSN : 2804-004X

Nos recherches préparent les solutions de demain



ÉDITO PAR

Philippe Mauguin

Président-directeur général
d'INRAE

8

Ce rapport d'activité est pour moi l'occasion renouvelée de saluer l'engagement et le travail accompli par les femmes et les hommes d'INRAE qui permettent à notre communauté scientifique et à ses partenaires de porter au plus haut niveau d'exigence la recherche dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement.

L'année qui s'est écoulée a été marquée par la confirmation de l'accélération du dérèglement climatique, des crises sanitaires mais aussi des crises agricoles en France et en Europe, et l'expression d'attentes fortes des agriculteurs vis-à-vis des pouvoirs publics et de la recherche. Ce contexte nous a conduits à redoubler d'efforts pour donner à voir la diversité de nos recherches et innovations, dans les domaines de la

protection des plantes, de la santé animale, de l'amélioration variétale, de l'IA, mais aussi de l'alimentation et de l'environnement. Le besoin de recherche n'a sans doute jamais été aussi grand et il doit s'accompagner d'une meilleure mise en lumière de nos résultats de recherches, des solutions produites pour aujourd'hui et pour demain. Comme l'illustre ce rapport d'activité, nos chercheurs ont repoussé les limites des connaissances dans des domaines très divers comme l'adaptation de l'agriculture au changement climatique, la protection de la biodiversité, la nutrition et la santé globale... Ils et elles ont également contribué à la mise au point de solutions pour les agriculteurs et l'ensemble des parties prenantes, qui permettront, par exemple, de réduire les émissions de méthane des bovins grâce au progrès

de la génétique et de la technologie, ou encore de rendre accessible aux agriculteurs la connaissance en temps réel de l'évolution des conditions agro-climatiques dans leurs territoires et de son impact potentiel sur leurs rendements. Des recherches conduites sur la diversification des espèces forestières vont contribuer à améliorer la survie des forêts et d'autres permettent d'ouvrir des perspectives pour la gestion du risque sanitaire en améliorant la détection des agents pathogènes... Les avancées sont nombreuses dans tous les domaines.

Notre activité en 2024 démontre également la volonté de l'institut de renforcer son impact par l'expertise et l'appui aux politiques publiques avec la restitution d'une étude importante sur les indicateurs de la qualité des sols, dont les éléments pourront alimenter le

projet de directive européenne. INRAE s'est aussi notablement impliqué dans le démarrage de prospectives sur les thèmes de l'élevage, des zoonoses et de l'agriculture biologique, pour éclairer les politiques publiques à l'échelle européenne.

Face à l'ampleur des défis à relever et à l'intensité de la compétition scientifique au niveau mondial, il est important de fédérer l'ensemble de la communauté de recherche nationale. C'est pourquoi les pouvoirs publics ont confié aux organismes de recherche la coordination d'agences de programme. INRAE a impulsé et soutenu en 2024 le déploiement de l'agence Agralife, qui coordonne les recherches des organismes, universités et écoles dans nos domaines d'activité. Ses travaux ont conduit à la conception de deux programmes nationaux sur l'élevage durable et la santé animale, et sur les sols vivants, en cours d'évaluation. Cette mobilisation d'INRAE au service de l'ensemble des acteurs de la recherche de notre pays s'est aussi illustrée par le lancement de nouveaux programmes prioritaires (« Sélection variétale avancée » et « SOLU-BIOD ») et par l'inauguration du centre d'innovation de Ferments du Futur.



Face à l'ampleur des défis à relever, il est important de fédérer l'ensemble de la communauté de recherche nationale.

De même, porté par notre institut, le programme national d'accélération de la recherche à risque en agriculture, alimentation et environnement (EXPLORAE) soutient désormais les équipes de recherches proposant des travaux disruptifs et des innovations de rupture dans l'ensemble de la communauté nationale.

La mise en place de nouveaux partenariats de recherche-développement et d'innovations, entre autres axés sur la biologie spatiale avec le CNES, la

nutrition, la santé et sur les solutions pour répondre aux besoins des populations les plus vulnérables, ont marqué également l'année écoulée.

Le dynamisme partenarial de notre établissement s'est exprimé au plan européen d'une part avec des accords initiés ou renforcés en Allemagne (Institut Julius Kühn), en Espagne (CSIC), au Danemark (université d'Aarhus), mais aussi au niveau mondial avec le Brésil (EMBRAPA), le Maroc (IAV), la Chine (CAS), les États-Unis (USDA-ARS, université de Floride), le Canada (université McGill) et l'Afrique (avec la co-présidence de l'initiative internationale TSARA). Après le lancement les années précédentes de grandes initiatives dans le domaine des recherches sur la prévention des zoonoses et de la protection des forêts, 2025 a vu le lancement d'un programme de coopération mondial consacré au suivi des ressources en eau à l'échelle de la planète : One Water Vision. Rester garant d'une recherche au meilleur niveau et des moyens qui lui sont dédiés est une priorité pour notre pays comme pour notre établissement. Cette responsabilité s'exprime dans un contexte de tension sur les finances publiques : nous nous attachons à assurer la qualité et la continuité de

l'activité de recherche par une maîtrise financière rigoureuse, par la priorisation des ressources pour garantir le progrès scientifique, tout en œuvrant à une simplification des processus de gestion, en lien avec les acteurs de l'ESR et les universités.

Institut pionnier en matière de responsabilité sociale et environnementale (RSE), INRAE a adopté une feuille de route ambitieuse pour réduire l'empreinte carbone de l'institut de 70 % à horizon 2050 : c'est une fierté collective

qui nous engage. Nous nous sommes impliqués sur des pratiques écoresponsables dans toutes les activités de recherche, d'administration et nous avons intensifié nos investissements dans la rénovation énergétique, classant l'institut comme premier lauréat dans l'enseignement supérieur et la recherche du dernier appel d'offres gouvernemental.

Dans un moment où la vérité scientifique est de plus en plus souvent remise en cause et où la liberté des chercheuses et chercheurs est contestée dans de nombreux pays, INRAE s'inscrit dans le mouvement de soutien fort à la communauté scientifique nationale et internationale en faveur des libertés académiques.

Notre institut participe à l'initiative « Choose Europe and France for Science » lancée par la France et l'Union européenne, visant à accueillir des chercheurs qui souhaitent travailler dans un environnement favorable à une recherche libre.

La période d'incertitudes que nous traversons met en lumière les besoins impératifs de renforcement de la science, de la recherche et de l'innovation. Depuis le début de l'année 2025, à la lumière des bouleversements du monde que sont le changement climatique, les crises géopolitiques, économiques et sanitaires, et des avancées des connaissances, nous procédons à l'actualisation de notre plan d'orientation « INRAE 2030 » lancé en 2020 et arrivé à mi-parcours, en concertation avec nos directrices et directeurs d'unités, nos partenaires académiques et socioéconomiques.

Le renouvellement de mon mandat à la tête d'INRAE en octobre 2024 a été l'occasion de confirmer mon engagement en faveur d'un institut résolument tourné vers l'avenir, fort de ses valeurs et de l'implication de sa communauté de travail, tenant compte des fronts de science sans cesse repoussés et des attentes fortes exprimées par la société. C'est une fierté pour moi de porter cette ambition aux côtés des femmes et des hommes qui sont la force de notre établissement.

Je souhaite que la lecture de ce rapport rende compte de l'engagement de nos collectifs au service du progrès des connaissances et du bien commun.





Séminaire d'encadrement.
©INRAE / B. Nicolas



Temps forts 2024

10 janvier

Lancement du programme EXPLOR'AE

Porté par INRAE, le programme national « Accélération de la recherche à risque en agriculture, alimentation et environnement » soutient les équipes de recherches disruptives et les innovations de rupture.



25 janvier

2^e assemblée générale de l'initiative TSARA

INRAE et ses 24 partenaires de TSARA se réunissent au Sénégal. Ils font le point sur la quarantaine de projets, valident l'agenda scientifique de l'initiative et son plan d'action et accueillent 6 nouveaux participants.



28 février

Première convention de coopération avec les Banques alimentaires

Cette collaboration, fondée sur l'expertise scientifique d'INRAE et l'engagement social de la Fédération des banques alimentaires, vise à développer des solutions pour répondre aux besoins des populations les plus vulnérables.



Banques Alimentaires



25 février

Renouvellement de l'accord-cadre avec l'EMBRAPA

L'accord avec l'EMBRAPA, notre homologue brésilien, renforce les coopérations scientifiques et technologiques en agriculture, élevage, sylviculture, environnement et ressources naturelles.



28 et 29 février
Deux accords-cadres renouvelés avec Limagrain et Arvalis

La collaboration avec Limagrain est axée sur les semences, les grandes cultures et les biotechnologies végétales. Quant à celle avec Arvalis, elle porte sur la recherche scientifique, le développement technologique et l'innovation agricole.

5 avril
Biodiversité : coup d'envoi du PEPR SOLU-BIOD

Le programme de recherche SOLU-BIOD vise à promouvoir des approches scientifiques qui mettent en œuvre et évaluent des Solutions fondées sur la Nature. Il est piloté par INRAE et le CNRS.

18 avril
Nouvel accord avec le Conseil national espagnol de la recherche

L'accord avec le CSIC structure le partenariat entre les 2 instituts. Principaux axes : l'adaptation au changement climatique, les systèmes alimentaires durables, la bioéconomie et les ressources génétiques.

12-16 mai
Participation au G20 MACS à Brasilia

Au Brésil, le PDG d'INRAE participe à la rencontre des scientifiques agricoles en chef du G20, sur les enjeux de durabilité, de sécurité alimentaire et de résilience climatique.



1^{er} mars
Lancement du programme prioritaire de recherche Sélection végétale avancée

En présence notamment des ministres en charge de l'agriculture et de la recherche, le programme de recherche SVA est lancé. Piloté par INRAE, il ambitionne de sélectionner de nouvelles espèces favorables à la transition agroécologique.



17 mai
Renouvellement des Labels Diversité et Égalité professionnelle

L'Afnor conserve sa double labellisation, reconnaissant l'engagement de l'institut en faveur de la lutte contre les discriminations et de la défense de l'égalité professionnelle entre les femmes et les hommes.





2-7 juin
Renforcement des coopérations stratégiques aux États-Unis

Une délégation de l'institut se rend aux États-Unis pour renouveler ou concrétiser de nouveaux accords de coopération avec ses partenaires stratégiques, l'USDA-ARS et l'université de Floride.



27 juin
Remise des Prix de la recherche participative organisés par INRAE

Les lauréats de la 3^e édition sont « Spipoll, le suivi photographique des insectes pollinisateurs » et « AirGeo : des écorces pour co-construire la connaissance sur la pollution de l'air ».



4 juillet
Innovation : 2^e édition du challenge InnoTech

Lors de l'InnotechDay, journée de réflexion entre entreprises de l'innovation et INRAE, 3 lauréats se voient remettre chacun 35 000 euros pour initier une collaboration de recherche avec un laboratoire de l'institut.



16 septembre
Nouvel accord-cadre avec l'université Mc Gill

INRAE et l'université McGill (Canada) renforcent leur collaboration en recherche et formation, notamment sur la sécurité et la qualité des aliments, les services écosystémiques ou les systèmes durables de production.

10 octobre
Inauguration
du centre d'innovation
de Ferments du Futur

Les équipements technologiques du consortium Ferments du Futur sont inaugurés sur le plateau de Saclay. Les procédés de fermentation innovants y seront optimisés avec du matériel de pointe.



15 octobre
Adoption
de la trajectoire
INRAE bas carbone

Le conseil d'administration de l'institut vote la trajectoire INRAE bas carbone. L'objectif est de réduire de 70 % les émissions de GES de l'institut en 2050 par rapport à 2019.



24 octobre
Second mandat pour
Philippe Mauguin

Philippe Mauguin est nommé PDG d'INRAE pour un second mandat de 4 ans. Ce renouvellement a été acté en Conseil des ministres, après des auditions et un vote favorable au Sénat et à l'Assemblée nationale.



2 décembre
Accord de coopération
avec le CNES

Le Centre national d'études spatiales et INRAE renouvellent leur partenariat sur l'usage des satellites d'observation de la Terre, la biologie spatiale et les travaux sur la nutrition-santé.

3 décembre
Lancement de
l'initiative de recherche
internationale
One Water Vision

Sous la coordination d'INRAE, une vingtaine d'institutions scientifiques internationales s'allient pour accélérer le développement de la prévision et du pilotage des ressources en eau, du niveau mondial au niveau local, grâce aux avancées de l'observation satellitaire.

20 novembre
Présentation d'une
expertise collective sur
la qualité des sols

Un collectif de 19 chercheurs issus de 10 organismes français et canadiens dresse un état des lieux des indicateurs de santé d'un sol qui peuvent être mobilisés en appui aux politiques publiques.





Agralife

agence de programme

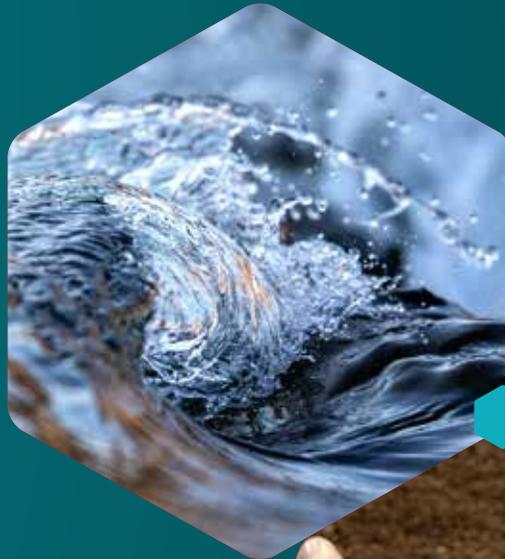
L'agence de programme nationale « Agriculture et alimentation durables, forêts et ressources naturelles associées » confiée à INRAE

Les organismes de recherche français sont investis par l'État depuis fin 2023 d'une mission complémentaire : la fonction d'agence de programme nationale. Agralife a pour rôle de coordonner la programmation de la recherche et de proposer un agenda stratégique, dans le périmètre de l'agriculture et de l'alimentation durables, des forêts et des ressources naturelles associées (eau, sols, biomasse).

- La gouvernance de l'agence Agralife a été déployée dès le premier trimestre 2024, avec la mise en place d'un comité des partenaires ouvert largement aux organismes nationaux de recherche, établissements d'enseignement supérieur et de recherche, agences et aux associations d'instituts techniques du périmètre, ainsi que d'un comité opérationnel à valence scientifique. Ces 2 comités se sont réunis plusieurs fois au cours de l'année 2024. Un comité de liaison avec l'État, coprésidé par les ministères de tutelle d'INRAE, permet d'échanger sur les priorités et attentes des pouvoirs publics vis-à-vis de l'agence.

Le directeur exécutif de l'agence, Thierry Doré, a pris ses fonctions le 1^{er} mars 2024 et une unité de service a été créée afin d'accueillir l'équipe d'Agralife. Elle est placée auprès du PDG d'INRAE, qui préside l'agence.

Dans le registre de la programmation, les actions entreprises constituent un ensemble à la croisée entre l'évolution des fronts de science et les besoins exprimés par l'État.



De nouveaux programmes de recherche sur l'élevage et le sol

Deux premiers projets de programmes ont été élaborés et soumis à l'État. L'un (pilote par INRAE, l'ENVF et l'Anses) est relatif à la santé des animaux d'élevage et aux systèmes d'élevage durables. Il aborde un domaine resté pratiquement orphelin dans le cadre de France 2030, et pour lequel de forts enjeux scientifiques (tant à l'échelle des processus qu'à celle de la conduite des systèmes) croisent des enjeux cruciaux sur les plans économique, social, sanitaire et environnemental. Le second programme traite de la biologie des sols (pilote par INRAE et le CNRS), dans l'optique de comprendre comment la complexité de la biodiversité tellurique influence les fonctions des sols et les services qu'ils rendent. Ces programmes ont été soumis fin 2024 à expertise interministérielle, et devraient être validés en 2025.

En réflexion : alimentation, « une seule santé », eau

Plusieurs chantiers collectifs ont débuté dans la perspective de construire de futurs programmes. Dans le domaine de l'alimentation, un chantier approfondi sur la programmation de la recherche publique a été lancé, sous la gouvernance d'un comité de pilotage nommé par les partenaires (27 opérateurs de l'enseignement supérieur et de la recherche représentés). Le chantier intègre une réflexion sur les besoins en infrastructures complémentaires de l'existant, ainsi que sur les compétences à mobiliser et à recruter pour pouvoir mener à bien ces programmes de recherche. Cinq groupes thématiques ont été lancés, pour un rendu fin 2025.

Les 3 agences Agralife, CBSD (Climat, biodiversité, sociétés durables) et Santé ont décidé de se doter d'une capacité de réflexion programmatique conjointe sur le sujet « une seule santé », et ont mis en place un groupe de travail ad hoc.

L'agence a également décidé de poursuivre la réflexion sur le sujet « Agriculture, climat et cycle de l'eau », avec un groupe de travail rassemblant des représentants de 16 des partenaires de l'agence.

La recherche à risque et en rupture soutenue grâce à EXPLOR'AE

Financé par France 2030 et piloté par INRAE, le programme EXPLOR'AE offre un cadre inédit pour soutenir des projets de recherche sortant des sentiers battus dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement. Ce programme s'adresse à l'ensemble de la communauté scientifique nationale concernée par son périmètre thématique. Il vise à stimuler la créativité dans un contexte où les systèmes agricole et alimentaire sont confrontés à des enjeux majeurs de production et de compétitivité. Les projets soutenus sont au cœur des défis climatique, sanitaire, énergétique et environnemental.

EXPLOR'AE est doté d'un budget de 20 millions d'euros pour sa phase de mise en route débutée au printemps 2024. Le programme cible les projets de « recherche en rupture et à haut risque », c'est-à-dire des initiatives où l'étude d'hypothèses originales est associée à la possibilité d'échec. En cas de réussite, il est escompté que les résultats obtenus déboucheront sur des innovations importantes susceptibles de transformer un ou plusieurs secteurs économique, politique ou social.

➔ Les trois piliers d'EXPLOR'AE



Le pilier acculturation sensibilise la communauté scientifique aux principes de la rupture en recherche. Cela passe notamment par des activités de veille scientifique, l'organisation d'ateliers de formation « prendre le risque de la rupture en recherche » et des temps d'échanges mensuels proposés par l'équipe du programme : les cafés EXPLOR'AE.



Le pilier exploration vise à soutenir l'exploration d'idées hors des sentiers battus (maximum 150 000 euros, 18 mois) s'inscrivant dans une recherche disciplinaire ou interdisciplinaire et ne nécessitant pas de données préliminaires. En invitant à la soumission au fil de l'eau, le pilier EXPLORATION s'affranchit du concept de date limite pour privilégier la maturation des idées.



Le pilier transformation soutient les projets de recherche en rupture, préalablement identifiés par les établissements partenaires et porteurs d'un potentiel d'impact fort. Pouvant aller de la recherche fondamentale jusqu'à la mise à l'essai de prototypes, les projets Transformation (de grande envergure et nécessairement interdisciplinaires, 1 à 2 millions d'euros sur 3-4 ans) doivent ouvrir sur de nouvelles orientations scientifiques et technologiques, susceptibles de bouleverser un domaine ou de créer de nouvelles opportunités.

→ Une première année et plus de 30 projets

EXPLOR/AE a ouvert son appel à idées Exploration en avril 2024. La démarche stratégique et de co-construction entre partenaires institutionnels pour détecter et faire remonter des projets Transformation a quant à elle débuté à l'été 2024. Pour 2024, le programme a ainsi financé 30 idées Exploration et 4 projets Transformation, pour un montant total d'environ 12 millions. Les sélections et les financements de nouveaux projets se poursuivent en 2025.

Deux exemples de projets Transformation

L'intelligence artificielle pour concevoir de novo des protéines (NANOBIOCAT)

Porteuse : Sophie Barbe, INRAE

(équipes : CNRS, École nationale vétérinaire d'Alfort, INRAE)

Et si l'IA pouvait concevoir une nouvelle génération de protéines pour lutter contre les pathogènes ?

Les protéines sont les piliers du vivant : elles défendent, réparent, transforment. Depuis longtemps, nous avons appris à les exploiter pour de nombreuses applications. Cependant, nous ne savons pas encore concevoir une protéine intégralement programmée pour atteindre une cible spécifique et la transformer avec une extrême précision. C'est le défi que le projet NanoBioCat vise à relever, en développant une intelligence artificielle capable de concevoir, de A à Z et à la carte, des nano-protéines d'un genre totalement nouveau. Ces néo-protéines, combinant détection et désactivation, pourraient permettre de neutraliser de manière irréversible des agents pathogènes. Conçues par IA, ces biomolécules, au mode d'action inédit, pourraient révolutionner la lutte contre les agents infectieux, tels que les virus et les bactéries résistantes. Au-delà de la santé humaine et animale, elles pourraient aussi apporter des solutions pour la protection des cultures. Programmables comme des logiciels, ces protéines seraient des outils de lutte sans précédent pour répondre rapidement et efficacement aux menaces sanitaires et environnementales.

Écologie chimique inverse par criblage haut débit et IA guidée de récepteurs olfactifs des insectes (INVORIA)

Porteuse : Emmanuelle Jacquin-Joly, INRAE

(équipes : CNRS, INRAE, université Côte d'Azur)

Et si l'on pouvait prédire ce que sent un insecte en modélisant ses récepteurs olfactifs ?

Les insectes, qu'ils soient ravageurs des cultures, vecteurs de maladie ou essentiels pour les services écosystémiques qu'ils rendent, utilisent leurs récepteurs olfactifs pour détecter les messages chimiques de leur environnement, messages qui influent sur leur comportement. Toutefois, les récepteurs olfactifs des insectes étant très différents de ceux des autres animaux, comprendre le rôle de chacun d'eux dans la détection des odeurs paraissait jusqu'ici utopique. L'utilisation conjointe des tous derniers développements en biologie moléculaire et en intelligence artificielle pourrait désormais rendre cela possible. Des outils d'IA seront ainsi utilisés pour créer des modèles de ces récepteurs et prédire à grand échelle leur réponse aux odeurs, avant une validation expérimentale.

Ce projet pourrait avoir des impacts majeurs dans de nombreux domaines : protection des cultures sans pesticides, lutte contre les insectes vecteurs de maladies en santé humaine et animale, amélioration de la pollinisation ou encore préservation d'espèces menacées – via le contrôle ciblé des comportements olfactifs des insectes.



Deux exemples d'idées Exploration

Atmospheric Nitric Oxide (NO) : Isotopy and Emissions (ANOXIE)

Porteur : Iann Bourgeois, université Savoie Mont-Blanc
(équipes : CNRS, université Savoie Mont-Blanc)

Comment mieux mesurer la concentration du monoxyde d'azote (NO) atmosphérique, un des flux les moins connus d'azote dans les agroécosystèmes ?

La quantification du cycle de l'azote est d'une importance cruciale pour la gestion de nos agroécosystèmes terrestres et aquatiques (sols agricoles, sols forestiers, prairies, lacs, etc.). Or la mesure des flux de NO et leur répartition entre ses différents isotopologues est bien moins opérante que celle des autres composantes, ce qui constitue un verrou. L'ambition d'ANOXIE est de développer un instrument à fluorescence laser capable de réaliser de telles mesures. En facilitant la quantification des flux de NO émis par divers écosystèmes terrestres et aquatiques, ce projet permettrait d'aboutir à une meilleure compréhension du cycle de l'azote, à des inventaires plus précis des émissions, et donc à une meilleure modélisation de la formation de l'ozone – puissant GES et polluant notoire – issu du NO.

Bees and Insects: Gravitational Studies (BIGS)

Porteuse : Nuria Romero, Inserm

(équipes : INRAE, Inserm)

Pourquoi les insectes adoptent-ils une orientation spécifique au cours de leur métamorphose ?

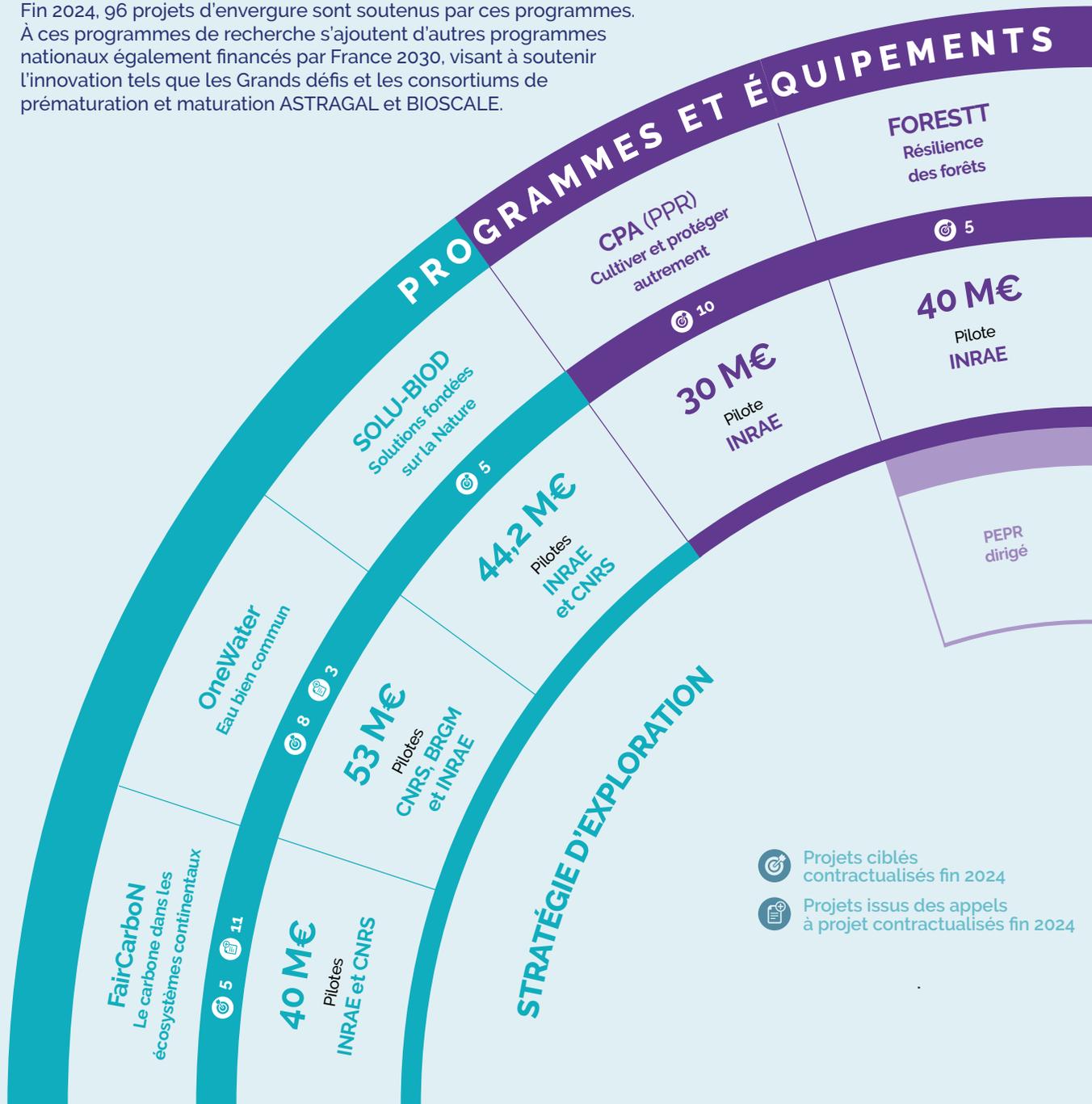
C'est une question simple qui n'a pourtant pas de réponse en raison de la complexité des méthodologies et des mécanismes sous-jacents. Il est proposé dans ce projet que les mécanismes impliqués dans ce processus soient modulés, de manière positive ou négative, par la gravité terrestre.

Pour révéler et étudier ces processus, la microgravité des expériences spatiales est un atout clé. Explorer l'influence de la gravité sur ces processus pourrait donc offrir des perspectives inédites pour l'obtention de pollinisateurs en milieu confiné (et plus généralement pour l'élevage des insectes dans des conditions extrêmes).



Depuis 2021, le programme France 2030 vise à accélérer la transformation des secteurs clés de notre économie par l'innovation. Il finance les acteurs de la recherche à hauteur de 3 milliards d'euros, pour constituer des consortiums scientifiques français et consolider le leadership de la France. Ainsi, 6 PEPR et 1 PPR pilotés ou copilotés par INRAE alimentent le volet amont de 4 stratégies nationales décidées par l'État pour préparer l'avenir de la France en relevant des défis économiques, sociaux, numériques et environnementaux, auxquels s'ajoutent 3 PEPR « exploratoires ».

Fin 2024, 96 projets d'envergure sont soutenus par ces programmes. À ces programmes de recherche s'ajoutent d'autres programmes nationaux également financés par France 2030, visant à soutenir l'innovation tels que les Grands défis et les consortiums de prématuration et maturation ASTRAGAL et BIOSCALE.



- Projets ciblés contractualisés fin 2024
- Projets issus des appels à projet contractualisés fin 2024



Biocontrôle et biostimulation

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

Montant **42 M€**
Pilotes
Association ABBA
(présidée par INRAE)

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



58 M€
Pilotes
INRAE
et Inserm

Stratégies

Systèmes agricoles
durables et équipements
agricoles contribuant
à la transition écologique

B-BEST
Biomasse, biotechnologie
et technologies
environnementales durables



65 M€
Pilotes
INRAE
et IFPEN

Alimentation
durable favorable
à la santé

Produits
biosourcés et
biotechnologies
industrielles,
carburants
durables

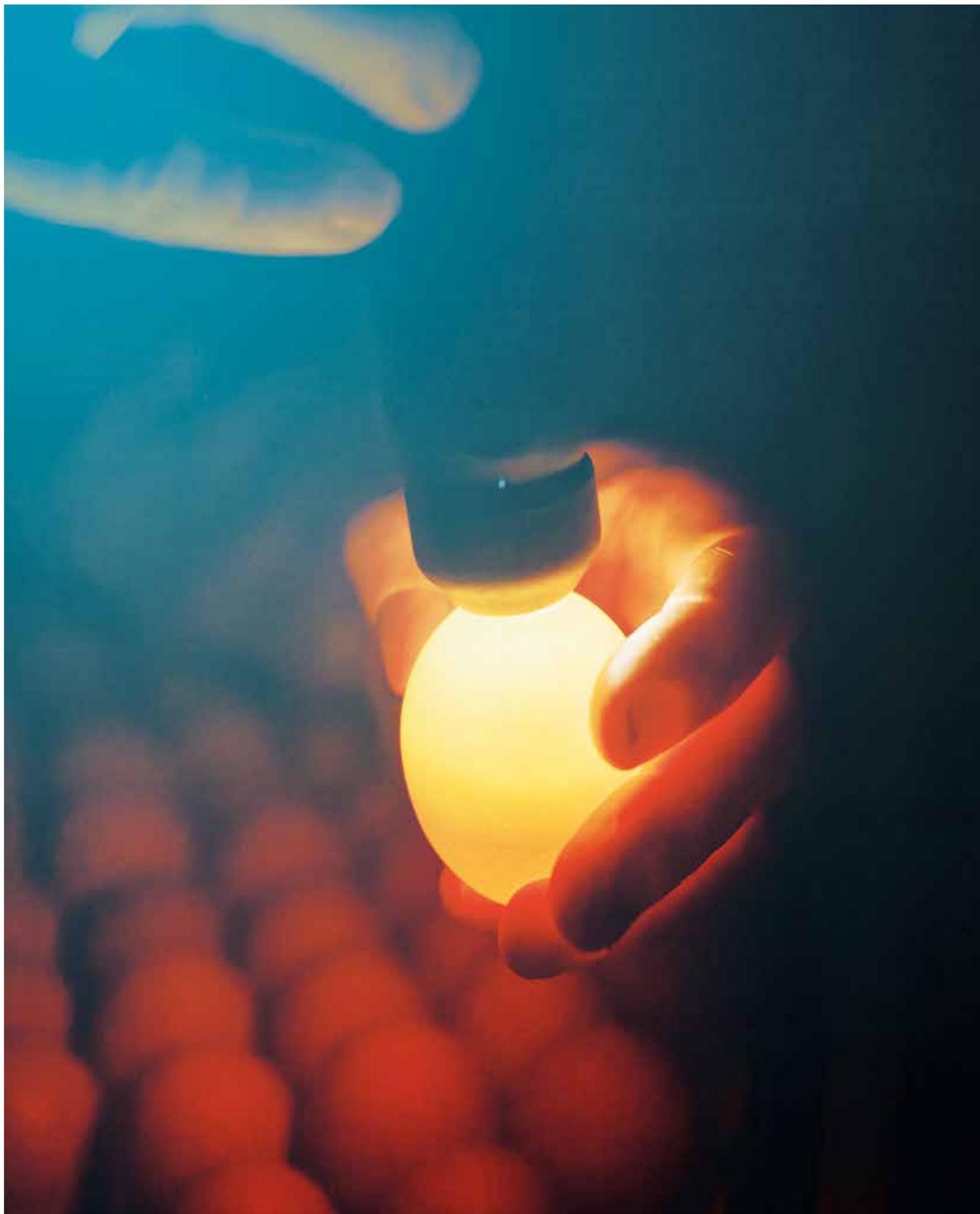
PREZODE
Prévenir l'émergence
des maladies zoonotiques



25 M€
Pilotes
IRD, Cirad
et INRAE

Maladies
infectieuses
émergentes
- Menaces NRBC

STRATÉGIE D'ACCÉLÉRATION



Faits marquants scientifiques 2024





Répondre aux enjeux environnementaux et gérer les risques associés



Ombrière photovoltaïque sur une parcelle de pruniers à Apt dans le Vaucluse.
©INRAE - B. Nicolas

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. Une gestion sobre de l'eau, du carbone, de l'azote et du phosphore contribue à une empreinte environnementale maîtrisée. 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 liés à différents enjeux afin de mieux évaluer et gérer les risques associés. Elles contribuent à proposer des leviers d'actions pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des filières agricoles et des voies d'adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique.

Changement climatique : intégrer les démarches d'atténuation et d'adaptation



^
Fleur en zone aride.
©J-L. Gutierrez

L'incroyable diversité des plantes pour s'adapter à un climat extrême

Notre planète abrite une diversité de plantes, aux formes et fonctionnements extrêmement variés qui leur permettent de répondre et de s'adapter à leur environnement. La diversité des plantes des zones arides, qui représentent 45 % de la surface de la Terre, reste largement inexplorée. Comprendre la réponse des plantes à l'augmentation de l'aridité, au surpâturage et à la désertification permet d'évaluer comment la biodiversité et le fonctionnement de ces écosystèmes fragiles pourraient évoluer et s'adapter aux changements globaux en cours. Pour y parvenir, une équipe internationale de 120 scientifiques de 27 pays, dont des chercheurs d'INRAE, a réalisé la première étude au monde sur la diversité végétale dans les zones arides. Durant 8 ans, ils ont collecté des échantillons sur 6 continents, pour analyser plus de 300 espèces de plantes, une première à cette échelle. Les résultats montrent que les plantes des zones arides adoptent une multitude de stratégies d'adaptation, une diversité qui augmente avec le taux d'aridité. Ce serait l'isolement des plantes en zone aride, et donc un déclin de la compétition entre elles, qui permettrait une diversité de formes et de fonctions unique au monde, 2 fois plus importante qu'en zone plus tempérée. Cette étude offre

de nouvelles perspectives pour comprendre l'adaptation des plantes aux milieux extrêmes, et la capacité des plantes à répondre aux changements globaux en cours.

Nature

doi.org/10.1038/s41586-024-07731-3

Estimation des impacts du changement climatique sur l'économie agricole

L'impact à long terme du changement climatique sur l'économie est difficile à prévoir à partir de données d'observation. Une collaboration avec des économistes des universités de Davis et du Wisconsin (États-Unis) a permis d'établir les conditions nécessaires et suffisantes pour évaluer cet impact sur le produit intérieur brut (PIB) agricole. Sous ces conditions, les variations locales de la météo, même modestes, permettent d'évaluer la réponse à long terme aux variations de climat, y compris dans des scénarios de changement climatique significatif. L'application de cette méthode aux États-Unis suggère qu'une augmentation de 2°C des températures pourrait réduire le produit intérieur brut (PIB) agricole des États-Unis de 6 à 10 % après adaptation. Au-delà de l'application au PIB agricole, cette méthodologie ouvre des perspectives pour évaluer les impacts climatiques dans divers secteurs économiques, en permettant une meilleure intégration des réponses adaptatives dans les scénarios de changement climatique.

[Journal of Environmental Economics and Management](https://doi.org/10.1016/j.jeem.2024.102940)
doi.org/10.1016/j.jeem.2024.102940



^
Observatoire ORACLE, bassin versant de recherche expérimentale de l'Orgeval, en Seine-et-Marne.
©INRAE - V. Marracci

RS Des recherches aux solutions

Vers une sélection des vaches laitières pour réduire les émissions de méthane

Le méthane est le 2^e contributeur à l'effet de serre et l'élevage est le principal poste d'émission de ce gaz, en particulier les ruminants du fait de leurs processus biologiques de digestion. L'adaptation des pratiques d'élevage, l'alimentation des animaux et la sélection génétique peuvent permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) sans nécessairement réduire le cheptel. Dans le cadre du projet Methabreed, soutenu par la société Apis-Gene, une stratégie de sélection génétique des bovins a été mise au point. Elle repose sur une nouvelle méthode de prédiction des émissions de méthane à partir des spectres infrarouges moyens (MIR) du lait réalisés en routine dans les fermes commerciales françaises adhérant au contrôle laitier. En effet, la composition du lait et la quantité de méthane résultent toutes deux des produits de la digestion du rumen. Combinées avec les informations généalogiques et génomiques des animaux, les données d'analyse du lait permettent de prédire la composante génétique contribuant à la production de méthane de chaque vache. Cette méthode pourrait permettre de réduire de 1 % par an les émissions de méthane des filières bovines. Alliée à une augmentation de la longévité des vaches laitières, une réduction de leur format et des premières mises bas plus précoces, une réduction de 30 % d'ici 2030 pourrait être atteinte. Avec l'accord des organismes de sélection, une première sélection de bovins émettant moins de méthane sera déployée en 2025.

animal

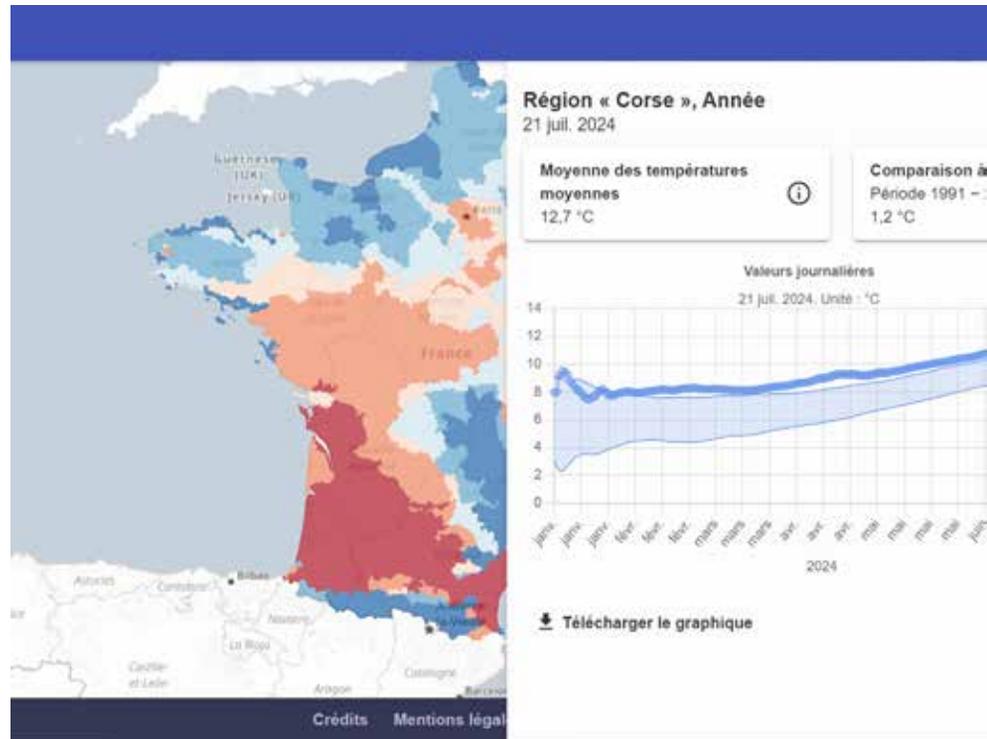
doi.org/10.1016/j.animal.2024.101200

Moyenne des températures moyennes, France métropolitaine, 2024.
©AgroMetInfo

AgroMetInfo 2.0, une application météo-climat sur-mesure pour l'agriculture

L'accélération du changement climatique avec ses lots de sécheresses, de canicules et de fortes précipitations affecte fortement l'agriculture. Face à ces aléas, les agriculteurs ont besoin d'apprécier les conditions météorologiques de l'année en cours par rapport aux situations passées et d'évaluer leur impact potentiel sur le développement des cultures, afin d'adapter leurs pratiques et sécuriser le rendement de leur production. INRAE a développé un outil web de cartographie agro-climatique couvrant la France métropolitaine, à destination des agriculteurs et des conseillers agricoles mais aussi accessible à toute personne intéressée. Avec l'appui de Météo-France,

l'application AgroMetInfo 2.0 permet de suivre au quotidien, à l'échelle locale comme nationale, l'évolution d'un panel d'indicateurs agro-climatiques calculés pendant les périodes d'intérêt pour les cultures d'hiver (type blé tendre) et de printemps (type maïs) et de les comparer aux conditions climatiques des 30 dernières années, tout en offrant une visualisation rapide des situations extrêmes telles que le gel et les canicules. De façon complémentaire, INRAE fournit sur le site CCSafe des données illustrant les impacts du changement climatique et des informations pour éclairer les stratégies d'adaptation et d'atténuation de l'agriculture, de la forêt et de la gestion des milieux.

www.agrometinfo.fr<https://ccsafe.hub.inrae.fr/>



Les vignobles face au changement climatique

ENTRETIEN AVEC

Nathalie Ollat

Écophysiologie et génomique
fonctionnelle de la vigne

Peut-on prévoir l'impact du changement climatique sur la distribution des régions viticoles mondiales ?

Les raisins produits pour la vinification sont très sensibles aux températures élevées et à la sécheresse extrême. Partout dans le monde, le rendement, la composition des raisins et la qualité des vins sont déjà affectés par le changement climatique avec des conséquences observées et à venir sur la géographie des vignobles. Nous avons montré qu'environ 90 % des régions viticoles côtières et de faible altitude du Sud de l'Europe et de Californie risquent, d'ici 2100, de perdre l'aptitude à produire du vin de qualité avec des rendements économiquement rentables, principalement en raison des risques de sécheresse excessive et de canicules



La diversité entre
les cépages et la création
de nouvelles variétés
sont des leviers puissants
pour s'adapter au
changement climatique.

plus fréquentes. Mais d'autres régions pourraient connaître une amélioration de leur potentiel viticole, comme la Bretagne, le Nord de la France, le Nord-Est de l'Europe, le Sud du Royaume-Uni ou le Nord-Ouest des États-Unis, grâce à l'augmentation des températures moyennes.

La génétique peut-elle fournir des leviers pour répondre aux besoins d'adaptation des variétés, notam- ment aux épisodes caniculaires ?

La diversité entre les cépages et la création de nouvelles variétés sont des leviers puissants pour s'adapter au changement climatique. Suite à un épisode caniculaire particulièrement sévère survenu fin juin 2019, des chercheurs de Montpellier ont étudié les différences de sensibilité du feuillage à des températures brûlantes entre 279 cépages. Certains cépages comme le Raboso piave, originaire du Nord de l'Italie, n'ont présenté aucune brûlure sur feuilles, alors que d'autres comme le Vessarga Bielaia, d'origine ouzbèque, ont été beaucoup plus touchés. Les chercheurs ont identifié 6 zones du génome qui contrôlent cette sensibilité à la brûlure foliaire et fait des hypothèses sur les gènes qui régulent cette propriété. Ces résultats seront très utiles pour choisir des parents à utiliser en croisement pour créer des variétés résistantes et faciliter le processus de sélection, qui prend normalement de nombreuses années. Des recherches sont également conduites pour l'adaptation à la sécheresse.

Comment la filière vigne et vin française peut-elle s'adapter au changement climatique ?

Au rythme actuel de l'élévation des températures, les professionnels pourront

mobiliser, au moins jusqu'au milieu du XXI^e siècle, d'assez nombreux leviers techniques pour adapter la production. Mais il sera plus difficile de faire face aux événements climatiques extrêmes et épisodiques qui fragiliseront la pérennité de certains vignobles. La mobilité géographique vers des zones plus fraîches et plus en altitude est aussi une option. Mais comme la majeure partie des vignobles français sont en zone d'appellation d'origine, les changements de pratiques et de lieu sont soumis à des contraintes réglementaires. Pour s'adapter, les professionnels doivent également percevoir les risques et être en capacité technique et économique de s'y adapter. Enfin, l'adaptation est un processus à la fois individuel et collectif qui nécessite de prendre en compte les autres activités et les aspects socio-économiques et environnementaux. Cette vision globale a été proposée à la filière dans le cadre du projet de recherche Laccave (2012-2021) porté par INRAE. Une étude prospective a permis aux acteurs de la filière de définir une stratégie d'adaptation et de proposer un plan d'actions à l'échelle nationale. L'ouvrage *Vigne, vin et changement climatique* aborde quant à lui les questions des impacts du changement climatique et de l'adaptation d'ordre technique, géographique, réglementaire et organisationnel. C'est un outil unique à destination des professionnels, des enseignants, des étudiants et des chercheurs.

[Nature, Earth and Environment](#)
doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5

[New Phytologist](#)
doi.org/10.1111/nph.19540

Ollat N., Touzard J. M.
Vigne, vin et changement climatique. Quæ, 2024

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

Réchauffement et eutrophisation en eau douce : des effets combinés sur la chaîne alimentaire aquatique

Les écosystèmes d'eau douce, comme les lacs et les rivières, sont menacés par les activités humaines. Des chercheurs d'INRAE, de l'université d'Oxford, de l'université de Sheffield et de l'université Savoie Mont Blanc ont recueilli durant 10 ans des données sur la taille des poissons et sur le régime alimentaire des espèces provenant de 256 lacs et 373 cours d'eau en France. À partir d'un modèle mathématique, l'équipe de recherche a reconstitué les réseaux alimentaires de chaque site. Ils ont constaté que la combinaison du réchauffement climatique et de l'excès de nutriments nuit à la diversité des réseaux alimentaires aquatiques, pourtant essentielle à la santé des écosystèmes. Leurs résultats montrent que ces 2 facteurs combinés entraînent une diminution des poissons de grande taille, qui sont en haut de la chaîne alimentaire.

[Ecology Letters](#)
doi.org/10.1111/ele.14480



Un projet collaboratif à fort impact : la réhabilitation des pêcheries de corégones dans les lacs Léman et du Bourget

À partir de 1960, les pressions anthropiques ont accéléré la dégradation des écosystèmes lacustres, conduisant à l'eutrophisation des grands lacs péri-alpins. L'accroissement des taux de sédimentation de matière organique sur les frayères ont entraîné un déclin des populations de corégones, une espèce de salmonidé emblématique de ces lacs, provoquant d'importantes pertes économiques pour les filières de pêche. En parallèle de la restauration de la qualité de l'eau, des pêcheurs professionnels, des

pêcheurs amateurs, les services de l'État et des chercheurs d'INRAE ont collaboré dès le début des années 1980, pour développer un programme de recherche appliquée appelé Pacage Lacustre. Ce programme visait à améliorer et optimiser le repeuplement des salmonidés, avec pour objectif de compenser le faible recrutement naturel des juvéniles et de maintenir les populations de corégones. Les chercheurs ont retracé rétrospectivement les étapes clés de ce programme et ses principaux impacts sur la société selon la méthode ASIRPA. Ce projet de recherches participatives a joué un rôle majeur dans la réhabilitation des popula-

↑
Étang Saint-Hubert (Yvelines).
©INRAE - B. Nicolas

tions de corégones dans les lacs Léman et du Bourget. Ces efforts ont eu un impact substantiel sur la préservation des activités de pêche commerciale et récréative, ainsi que des impacts sociétaux favorables, soulignant l'importance de tels travaux collaboratifs.

[International Journal of Limnology](#)
doi.org/10.1051/limn/2024012

RS Des recherches aux solutions

Diversifier les forêts pour les adapter aux sécheresses extrêmes

Les forêts rendent de nombreux services écologiques et sont essentielles pour stocker le carbone. Toutefois, elles sont victimes du dérèglement climatique qui, à travers des vagues de chaleur et sécheresses à répétition, ralentit leur croissance et peut entraîner la mort des arbres. Augmenter la diversité des espèces d'arbres est une des solutions explorées pour rendre les forêts plus résilientes. Pour tester l'intérêt de cette diversification, les scientifiques se sont appuyés sur un réseau de 5 forêts expérimentales européennes regroupant plus de 20 espèces d'arbres (érables, bouleaux, hêtres, etc.). En combinant des mesures physiologiques de stress hydrique sur le terrain et des données sur la résistance au stress, mesurée en laboratoire à partir d'échantillons de branches, les scientifiques ont pu estimer le risque de mortalité de chaque arbre face à la sécheresse. Les résultats confirment que l'espèce de l'arbre est le principal facteur déterminant son risque de mortalité lors de sécheresses extrêmes, plutôt que le fait qu'il soit planté seul ou en mélange. Cependant pour certaines combinaisons d'espèces, comme le chêne vert associé au pin et bouleau, les caractères d'hydraulique de l'arbre sont améliorés de 100 à 200 %, indiquant une réduction du risque de mortalité associée à une sécheresse sévère. Les chercheurs estiment que si des mélanges bien choisis sont encouragés par les gestionnaires, la survie des forêts peut être améliorée.

Global Change Biology
doi.org/10.1111/gcb.17503

Une plateforme interactive pour la gestion des pâturages de montagne

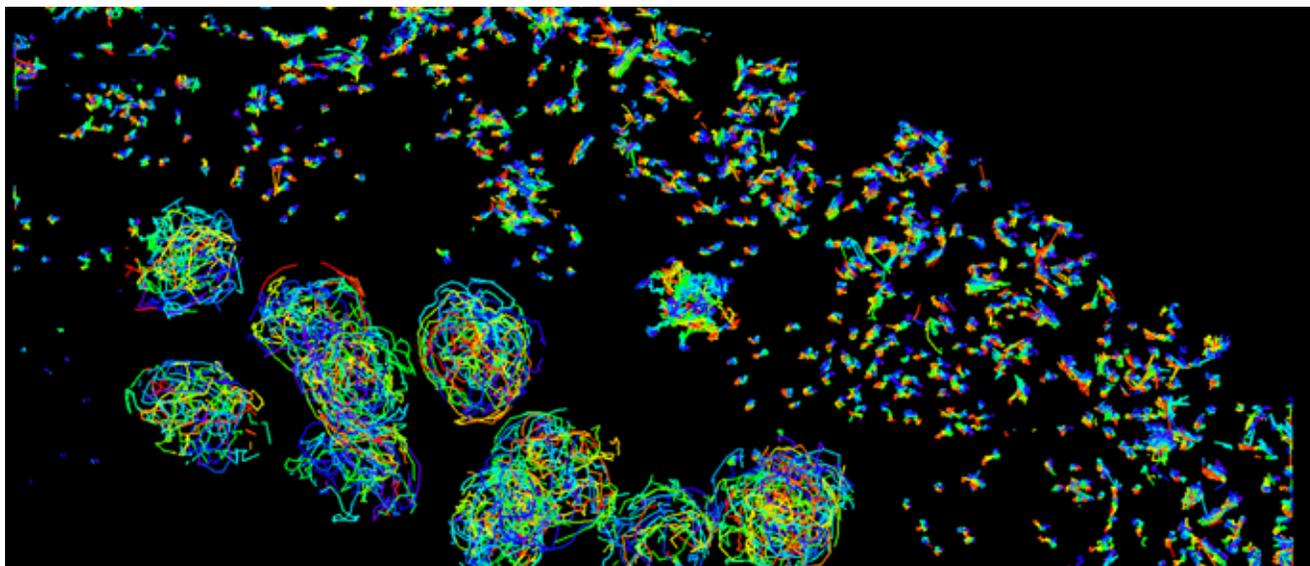
Le pastoralisme de montagne, en tant que modèle agricole traditionnel, tire profit d'une exploitation judicieuse des ressources naturelles en menant les animaux en pâturage dans les alpages à une altitude dépassant 2 000 m, du printemps à l'automne. Ce modèle revêt une importance cruciale dans la préservation de la biodiversité, la conservation des paysages naturels et la protection des écosystèmes montagnards. Il joue également un rôle prépondérant dans l'entretien de traditions, le renforcement des liens communautaires et la contribution à l'identité culturelle des populations locales. Pour préserver ces systèmes, une collaboration, soutenue par des fonds européens (LIFE), entre agronomes, écologues, sociologues et économistes, ainsi que les gouvernements et les communautés locales (éleveurs, bergers, administrateurs, gestionnaires du territoire) a permis le développement d'une plateforme interactive pour guider les acteurs dans la gestion des pâturages. Cette dernière intègre les principales pratiques pastorales de montagne et permet d'analyser leurs effets sur la vulnérabilité des services offerts (production de fourrage, stockage de carbone, maintien de la biodiversité) face aux aléas climatiques à partir de données collectées en temps réel sur le terrain et d'images satellitaires permettant une approche à l'échelle de territoires.

https://www.pastoralp.eu/outils/#piattaforma_intro_fr



◀
Pastoralisme dans les Alpes.
©INRAE - M. Meuret

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



30

La méiose : un levier pour l'amélioration génétique des espèces cultivées

L'amélioration génétique des espèces cultivées repose essentiellement sur la reproduction sexuée qui, en permettant les échanges d'informations entre les chromosomes parentaux lors de la méiose, est une source majeure de diversité génétique et d'adaptation. La compréhension des mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée peut permettre de proposer de nouvelles stratégies pour faciliter la création de nouvelles variétés.

Au cours de la méiose, les chromosomes homologues des 2 parents sont alternativement associés puis séparés. Pour que la séparation des chromosomes soit équilibrée, les chromosomes doivent se reconnaître et s'associer en paires. Toute perturbation de cette association peut provoquer des problèmes de stérilité ou des anomalies chromosomiques majeures. Chez la plante *Arabidopsis thaliana*, la formation des paires de chromosomes homologues est associée à des mouvements drastiques des chromosomes qui dépendent de l'accrochage de leurs extrémités à l'enveloppe nucléaire. Cette étude montre *A. thaliana* comme un modèle de choix pour étudier les mécanismes de reconnaissance des chromosomes au cours de la méiose.

Nature Communications

doi.org/10.1038/s41467-024-50169-4

^

Reconstruction par imagerie de la trajectoire des centromères d'*Arabidopsis* en prophase de la méiose.
©INRAE-Laurence Cromer

En raison de leur impact sur la stabilité des génomes, la formation de crossovers entre les chromosomes parentaux pouvant donner lieu à des recombinaisons entre leur ADN est fortement régulée et est peu fréquente dans les régions proches des centromères. Cette régulation stricte empêche la combinaison d'allèles favorables ou la suppression d'allèles défavorables présents dans les régions chromosomiques ne présentant pas de recombinaison. Chez les *Brassica*, il est possible de modifier naturellement ce contrôle en jouant sur le nombre de chromosomes des espèces parentales, par exemple en croisant le colza tétraploïde avec l'une de ces espèces diploïdes parentales, le navet. Cette dérégulation augmente le nombre d'échanges d'ADN dans des régions qui n'en présentent pas normalement et permet d'augmenter la diversité des combinaisons d'allèles. Cette dérégulation peut être maintenue ou supprimée (retour à la normale) en fonction du niveau de ploïdie choisi à la génération suivante. Cette méthode ne semble pas être spécifique au colza puisque des résultats similaires ont été observés récemment chez des blés, indiquant qu'elle pourrait être utilisée pour l'amélioration d'autres espèces cultivées polyploïdes (ex. : café, coton, fraise...).

The Plant Cell

doi.org/10.1093/plcell/koae208

Des mutations héréditaires dans les arbres tropicaux

Les arbres tropicaux du bassin amazonien sont essentiels dans la régulation climatique, le maintien de la biodiversité et la fourniture de ressources cruciales pour de nombreuses communautés locales. La compréhension de leurs modalités d'évolution génétique est donc importante pour la préservation de la diversité biologique et la recherche de solutions durables d'adaptation face aux pressions environnementales auxquels ils sont confrontés. Des chercheurs d'INRAE, du Cirad et du CNRS ont exploré la distribution des mutations le long de l'architecture de 2 arbres tropicaux, l'angélique et le grignon franc, en relation avec l'impact possible de la lumière (UV). La comparaison des données de séquençage de l'ADN de feuilles de différentes branches avec les génomes de référence issus de la base du tronc a permis de détecter des mutations apparues le long des branches grâce à des méthodes de pointe transférées de la cancérologie humaine à la génomique végétale. Aucun effet de l'exposition aux UV n'a été détecté sur la fréquence de l'apparition de ces rares mutations, contrairement à ce qui est observé dans les génomes animaux, mais l'analyse des fruits a montré qu'elles pouvaient être transmises à la descendance. Ces mutations rares, inconnues jusqu'alors et transmises de génération en génération, enrichissent le réservoir de diversité génétique de ces espèces tropicales, un moteur évolutif essentiel pour leur adaptation aux changements environnementaux.

[Proceedings of the National Academy of Sciences USA](#)

doi.org/10.1073/pnas.2313312121

▼ Grignon franc
©Wikicommons - CleMichael973



L'identification de variants structuraux chez le bovin Créole met en avant les gènes qui expliquent son adaptation

Les réarrangements de la structure de l'ADN, appelés variants structuraux (VS), sont considérés comme un moteur important de l'évolution qui peut permettre une adaptation aux facteurs de stress environnementaux chez les animaux. Cependant, les VS sont mal caractérisés chez les animaux d'élevage. Pour comprendre leur rôle dans la race bovine Créole de Guadeloupe, les VS ont été identifiés grâce aux données de séquences génomiques complètes de 23 taureaux représentatifs de la population. Les VS très fréquents avec un impact biologique important englobent des gènes impliqués dans l'adaptation à la température, certains gènes de l'immunité, ainsi que les gènes impliqués dans le tonus musculaire, le développement musculaire et la contraction. Au-delà de la cartographie et de la caractérisation des variants structuraux chez le bovin Créole de Guadeloupe, cette étude fournit des informations précieuses pour une meilleure compréhension du rôle potentiel des réarrangements chromosomiques dans les caractères adaptatifs chez les bovins.

[PLOS One](#)

doi.org/10.1371/journal.pone.0309411

Pousser les virus à la dérive pour préserver l'immunité des plantes

L'utilisation de variétés porteuses de gènes de résistance pour lutter contre les virus est une stratégie efficace et respectueuse de l'environnement, mais est limitée par la capacité des virus à s'adapter à la résistance des plantes et à la contourner. Une stratégie prometteuse consiste à contraindre l'évolution des virus pour augmenter la durabilité de la résistance. La capacité des plantes à entraîner une variation aléatoire de la fréquence des mutants viraux indépendamment de leur valeur adaptative, appelée dérive génétique, diffère selon les variétés et est héréditable. L'effet de la dérive génétique sur la capacité du virus PVY à s'adapter à un gène de résistance du piment a été analysé. Selon les variétés de piment, les populations virales ont connu des trajectoires évolutives contrastées, allant de l'adaptation à l'extinction. Le virus s'est adapté chez les variétés de piment induisant peu de dérive génétique par 1 ou 2 mutations virales spécifiques du gène de résistance. À l'inverse, des extinctions virales et l'absence d'adaptation du virus ont été observées chez des variétés de piment induisant une forte dérive. Ces résultats ouvrent la voie à des stratégies de sélection de variétés combinant une forte résistance et une forte dérive génétique pour obtenir des résistances à la fois efficaces et durables pour tout couple hôte-agent pathogène.

[PLOS Pathogens](#)

doi.org/10.1371/journal.ppat.1012424



III ▶ Des leviers d'action

Des leviers génétiques pour protéger les abeilles contre le varroa

Une étude de grande envergure impliquant un grand nombre d'acteurs de la filière apicole française a été menée pendant plusieurs années afin de déterminer la capacité de résistance de l'abeille mellifère (*Apis mellifera*) à l'une des plus grandes menaces auxquelles elle est actuellement confrontée : le parasite *Varroa destructor*. Diverses caractéristiques d'infestation et de résistance au varroa ont été mesurées dans plus de 1 500 colonies d'abeilles caractérisées génétiquement par le séquençage complet de leur génome. Ces données ont permis de réaliser les plus grandes analyses de génétique d'association à ce jour chez cette espèce et de démontrer que l'abeille européenne possède un patrimoine génétique lui permettant de résister au varroa. Les facteurs génétiques de résistance sont constitués de nombreuses mutations réparties dans le génome de l'abeille. Ce type de déterminisme génétique, dit polygénique, pourrait conduire à la sélection de combinaisons d'aptitudes multiples difficilement contournables par le parasite, permettant d'obtenir une résistance durable au varroa. Cette stratégie nécessitera une organisation collective rigoureuse pour être couronnée de succès.

Molecular Ecology
doi.org/10.1111/mec.17637

▼
Pépinière de plants de pin maritime.
©INRAE - B. Nicolas



Conditionner les graines de pin pour faciliter le démarrage des plantations

Des scientifiques d'INRAE, de l'université d'Orléans, de l'université de Perpignan, du CEA, de l'institut technologique FCBA et de l'université de Lisbonne ont observé que la température à laquelle a été exposée une graine de pin maritime conditionne le développement de l'embryon qu'elle contient puis la croissance de l'arbre après germination pendant au moins 3 ans. L'origine de ces phénomènes a été analysée sur des embryons soumis à différentes températures. La présence dans ces embryons de plusieurs milliers de modifications de la méthylation de l'ADN, retrouvées dans les arbres 2 ans plus tard, suggère qu'ils résultent d'un mécanisme épigénétique. Les chercheurs ont identifié 10 gènes qui accumulent de telles marques épigénétiques, impliqués dans les réponses de défense, d'adaptation à la température et dans le développement de l'embryon. Ce résultat ouvre la possibilité de conditionner très précocement les plantes à long cycle de vie comme les arbres par la température pour faciliter la reprise des jeunes plantations soumises à des stress thermiques.

Plant Physiology
doi.org/10.1093/plphys/kiac600



▲
Unité abeilles et environnement d'Avignon.
Ses recherches portant sur la pathologie de l'abeille, plus particulièrement sur la relation hôte-parasite entre abeille et l'acarien varroa.
©INRAE - C. Maître

Évaluation et gestion des risques naturels et climatiques

Prédire l'ampleur des événements climatiques extrêmes

Les événements extrêmes climatiques et environnementaux, comme les canicules, sécheresses, inondations, tempêtes ou incendies de forêts, causent de nombreux dommages à la société, l'agriculture et les écosystèmes. Leurs impacts sont souvent le résultat d'une combinaison complexe de plusieurs types d'événements climatiques, comme les incendies de forêt favorisés par l'accumulation d'un fort déficit de pluie, de températures très élevées, d'absence d'humidité et de vitesses du vent élevées. L'adoption récente d'un nouveau paradigme d'analyse des événements extrêmes dépendants basé sur une combinaison d'outils statistiques innovants et des développements récents en intelligence artificielle permet de mieux comprendre, cartographier et prédire l'étendue spatiotemporelle des événements extrêmes complexes. Ces nouvelles approches sont applicables à la cartographie de l'étendue spatiale locale des températures extrêmes à travers le territoire français, et à la simulation de l'ampleur des précipitations extrêmes sous changement climatique dans le bassin versant du Danube jusqu'en 2100.

[Journal of the American statistical association
doi.org/10.1080/01621459.2024.2408045](https://doi.org/10.1080/01621459.2024.2408045)

[Extremes
doi.org/10.1007/s10687-024-00487-z](https://doi.org/10.1007/s10687-024-00487-z)

Des leviers d'action

Gestion préventive du criquet pèlerin : des crises humanitaires évitées

À faible densité, le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) ne pose pas de problèmes. Lorsque la densité d'insectes augmente, il devient grégaire et forme des essaims très mobiles qui dévorent les cultures et pâturages et créent d'énormes dégâts. Le passage de la phase solitaire à grégaire dépend fortement de conditions météorologiques favorables, en particulier de la température, de l'humidité et des précipitations. Malgré les préoccupations croissantes concernant l'impact du changement climatique sur les criquets pèlerins, une étude d'INRAE et du Cirad, basée sur 40 ans de données de

terrain, montre que l'intensification des mesures de gestion a réussi à contrer ces effets. Ces mesures, qui consistent à traiter avec des insecticides (chimiques ou biologiques) des petites surfaces dès la détection des foyers de criquets, sont efficaces pour prévenir des invasions et crises à très large échelle. Ces résultats soulignent l'importance de la gestion préventive, d'autant plus que le changement climatique favorise la formation d'essaims de criquets qui peuvent rapidement menacer la sécurité alimentaire des populations du Sénégal à l'Inde.

[Heliyon
doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29231](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29231)



Criquets pèlerins (illustration).
©AdobeStock

À LIRE

La sociologie de l'environnement

Cet ouvrage offre une synthèse accessible et complète des apports de la sociologie pour comprendre les dynamiques sociales, politiques et économiques qui façonnent notre rapport à l'environnement. Il éclaire également les pratiques écologiques ordinaires, leur dimension sociale et les limites de la responsabilisation individuelle face aux transitions environnementales. C'est une référence utile pour les étudiants, les enseignants, les chercheurs et les citoyens qui cherchent à saisir la complexité des relations entre la société et l'environnement.



Stéphanie Barral (INRAE),
Gabrielle Bouleau (INRAE),
Fanny Guillet (CNRS).
La Découverte, 2024, 128 p

PRIX

Les Étoiles de l'Europe attribué au projet DIGUE2020 dédiée aux digues maritimes

Le projet de recherche partenarial DIGUE2020 a été lauréat du prix Les Étoiles de l'Europe, dans la catégorie recherche-innovation. Ce projet a permis la conception et la réalisation d'une plateforme de recherche in situ, unique en France et à l'international, dédiée à l'étude des digues maritimes. Située dans le parc naturel de Camargue, elle a été conçue pour permettre une meilleure maîtrise du risque de submersion marine.

➤
Laboratoire sur le bassin
versant Kervidy-Naizin.
©INRAE - H. Raguet

Préserver et gérer durablement les ressources naturelles**Des pluies de forte intensité précédées d'une sécheresse induisent des extrêmes de concentration en azote et phosphore dans les rivières**

Pour mieux comprendre comment le cycle de l'eau affecte la qualité de l'eau des rivières, notamment dans un contexte agricole, des chercheurs ont étudié le lien entre des événements climatiques extrêmes et les niveaux de nitrate et de phosphore lors de 200 crues entre 2016 et 2023. En utilisant les données de l'observatoire de la zone critique AgrHyS (infrastructure de recherche OZCAR, bassin versant de Kervidy-Naizin, Morbihan, 5 km²), ils ont identifié les crues avec des concentrations très élevées de phosphore (jusqu'à 1 400 % la valeur d'une crue moyenne) et très basses de nitrate (jusqu'à -41 % la valeur d'une crue moyenne) correspondant à des pluies de forte intensité pendant des périodes de basses eaux au printemps ou à l'automne. Lors de ces événements, des processus de ruissellement par dépassement de la capacité d'infiltration des sols, accompagnés d'une érosion des sols, entraînent un grand apport de phosphore provenant des champs et une dilution importante du nitrate transitant par la nappe de surface. L'alternance de sécheresses et de pluies intenses étant amenée à devenir de plus en plus fréquente avec le changement climatique en cours, cette approche rétrospective permet d'anticiper les futures dynamiques des nutriments dans des cours d'eau soumis au changement climatique.

Water Research
doi.org/10.1016/j.watres.2024.122108





Des leviers d'action

Un référentiel d'indicateurs pour préserver la qualité des sols

Une étude sur la qualité des sols réalisée par un collectif de 19 chercheurs issus de 10 organismes de recherche et d'enseignement supérieur français et canadiens, financée par l'Ademe, l'Office français de la biodiversité et les ministères en charge de l'Environnement et de l'Agriculture, dresse un état des lieux en 780 pages des connaissances scientifiques disponibles sur les indicateurs qui peuvent être mobilisés en appui des politiques publiques sur la préservation de cette ressource fondamentale. L'étude clarifie les différentes dimensions qui constituent la qualité et la santé des sols, liste une cinquantaine d'indicateurs qui permettent de les évaluer, et présente la manière dont on peut les mobiliser dans tous les secteurs.

doi.org/10.17180/qnpx-x742
doi.org/10.17180/h37a-4n09

>
Coupe de sol, Conservatoire européen géré par
l'unité INFOSOL sur le centre INRAE d'Orléans.
©INRAE - B. Nicolas



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



➤
Vue aérienne de champs avec bandes enherbées.
©INRAE - C. Slagmulder

La reconception 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.



Développer des alternatives aux pesticides de synthèse



Découverte d'un nouveau type de gène de résistance aux maladies chez les plantes

La pyriculariose, maladie causée par le champignon *Magnaporthe oryzae*, constitue un véritable fléau pour l'agriculture. Cette maladie ne ravage pas seulement les cultures de riz, aliment de base de 60 % de la population mondiale, mais s'attaque aussi au blé depuis les années 1980, avec une aire de distribution en augmentation croissante et un risque sérieux d'émergence en Europe. Des chercheurs d'INRAE, du Cirad et de l'université de Montpellier, en collaboration avec le Hunan Hybrid Rice Research Centre (Chine) et l'International Rice Research Institute (IRRI), ont découvert un gène de résistance d'un nouveau type à *M. oryzae*, le gène Ptr. Ptr code pour une protéine membranaire avec un domaine intracellulaire à répétition armadillo,



Épis de riz dans le nord du Vietnam.
©INRAE - B. Nicolas

un enchaînement de structures en hélices dont le fonctionnement reste à élucider. Ces travaux ouvrent la voie à l'étude de nouveaux mécanismes de résistance des plantes aux pathogènes, dans le but d'approfondir la compréhension de la résistance naturelle des plantes aux maladies afin de mieux l'utiliser pour la protection des cultures.

[Nature Plants](#)

doi.org/10.1038/s41477-024-01694-z



➤
Mildiou sur feuilles,
dû à *Plasmopara viticola*.
©INRAE - Y. Aret

Efficacité de la transmission de *Xanthomonas citri* par les graines de haricot

Les graines constituent une source d'inoculum pour certains agents pathogènes, comme la bactérie *Xanthomonas citri* pv. *fuscans* (Xcf) qui se transmet par les graines de haricot. Les chercheurs d'INRAE et de l'Institut Agro ont analysé l'expression des gènes de la graine et de la bactérie lors du développement de la graine de haricot après inoculation des boutons floraux par Xcf. Au cours de la phase de remplissage, la graine détecte la présence de la bactérie et tente de mettre en place un premier niveau de défense. La bactérie déploie un arsenal d'attaque et interfère avec ces défenses, permettant l'augmentation des tailles de populations bactériennes. Au cours de la maturation des graines, l'expression des gènes bactériens impliqués dans l'attaque diminue jusqu'à ne plus activer de réponse de la graine. Cette trêve permet à la graine d'achever sa maturation et de conserver sa capacité à germer. La graine mature contaminée porte cependant des modifications épigénétiques (méthylations de l'ADN) dans les régions promotrices de plusieurs gènes de défense. Ces méthylations répriment ces gènes de défense lors de la germination des graines, laissant à la bactérie la possibilité de se multiplier sur la plantule. Ces travaux démontrent que les graines ne sont pas les vecteurs passifs des bactéries pathogènes et que la bactérie phytopathogène Xcf interfère activement avec les défenses de la graine de haricot pour assurer efficacement sa transmission à la nouvelle génération de plantes.

Plant, Cell and Environment
doi.org/10.1111/pce.15037



Découverte des premiers gènes d'avirulence chez le mildiou de la vigne : une étape vers une gestion durable des résistances de la vigne

Le mildiou, une des maladies les plus destructrices de la vigne, peut être géré au vignoble en plantant des variétés résistantes. Cependant, les populations de mildiou évoluent, conduisant à des contournements des résistances. Promouvoir une gestion durable du déploiement des variétés résistantes passe notamment par une connaissance approfondie de la génétique de l'interaction entre la plante et le pathogène. L'utilisation d'une approche de génomique d'association a permis d'identifier chez le mildiou une modification structurelle responsable du contournement de la résistance médiée par le gène Rpv3.1, largement utilisé dans les programmes de sélection variétale. Cette modification implique la délétion de 2 protéines dans le génome du mildiou. L'analyse fonctionnelle de ces 2 protéines apporte la preuve qu'elles jouent un rôle clef dans la reconnaissance du mildiou par la plante. La diversité allélique au locus révèle par ailleurs l'existence de plusieurs événements indépendants de contournement qui soulignent les grandes capacités d'adaptation du mildiou face aux résistances partielles de la vigne. Ces résultats sont une avancée majeure vers la caractérisation de la virulence du mildiou avec des marqueurs moléculaires. Leur utilisation dans le cadre de la surveillance organisée par l'observatoire OSCAR permettra un suivi plus efficace de l'évolution de la virulence des populations de mildiou.

New Phytologist
doi.org/10.1111/nph.19861

◀
Graines de haricot.
©INRAE - H. Cochard

RS Des recherches aux solutions

Des odeurs pour déréguler l'horloge circadienne des insectes nuisibles pour les cultures

L'horloge circadienne des animaux entraîne des cycles quotidiens dans l'expression des gènes, synchronisés avec les cycles jour-nuit de 24 heures. Ce processus est principalement médié par des signaux tels que la lumière et la température et influence des comportements innés tels que l'alimentation, la locomotion et l'accouplement. La vie adulte solitaire du papillon de nuit *Spodoptera littoralis*, un ravageur polyphage des plantes cultivées, est singulièrement dédiée au sexe. Les chercheurs ont découvert que les phéromones sexuelles émises par les femelles ont pour effet d'imposer un rythme biologique circadien aux mâles, favorisant la rencontre entre les 2 sexes durant les périodes de reproduction. La caractérisation des composants des phéromones sexuelles a mis en évidence que certains n'ont pas de propriétés attractives pour le partenaire, mais ont de puissants effets circadiens. Les résultats montrent qu'une libération de phéromones sexuelles au mauvais moment réduit considérablement la volonté du mâle de faire la cour – une connaissance qui pourra être exploitée pour la lutte biologique de deuxième génération contre les insectes nuisibles.

Current Biology

doi.org/10.1016/j.cub.2024.02.042

▼ *Spodoptera littoralis*.
©INRAE - M. Renou

L'augmentation de la proportion de haies dans les paysages permet de réduire le niveau d'usage d'insecticides

Les théories écologiques prédisent que des paysages simplifiés (agrandissement de la taille des parcelles, simplification des rotations, réduction des habitats semi-naturels) favorisent les pullulations de ravageurs de culture et limitent leur contrôle par les ennemis naturels, entraînant ainsi une augmentation de l'utilisation d'insecticides. Les relations entre le niveau d'utilisation d'insecticides entre 2014 et 2019, la pression locale des pucerons et les caractéristiques du paysage ont été analysées dans 557 exploitations agricoles du réseau national DEPHY-Ferme. Les résultats montrent que la pression en pucerons dans les parcelles de grande culture augmente lorsque la proportion de haies dans le paysage se réduit, confirmant l'hypothèse d'un effet négatif de la simplification du paysage sur les niveaux d'infestation de ravageurs de culture. L'étude démontre également qu'augmenter le couvert de haies dans le paysage de 1 à 3 % se traduit par une réduction de moitié du niveau d'usage d'insecticides. Ces résultats confortent le rôle multifonctionnel des haies et suggèrent que le maintien, la restauration et l'établissement de linéaires de haies dans les paysages agricoles sont un levier efficace pour réduire l'utilisation d'insecticides en grandes cultures.

Science of the Total Environment

doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170182



>



40

Durabilité des résistances des vignes au mildiou et à l'oïdium : modélisation et concertation territoriale

La réduction de l'utilisation des pesticides en viticulture est un enjeu clé à la croisée de questions de santé humaine et de respect de l'environnement. L'inscription au catalogue national et l'adoption de variétés résistantes au mildiou et à l'oïdium est une innovation prometteuse. L'un des enjeux de leur déploiement réside dans la gestion de la durabilité des résistances. Le modèle mathématique « landsepi », qui permet de simuler des scénarios d'utilisation des variétés de vigne résistantes dans des territoires viticoles, a été utilisé pour explorer les effets de la coexistence entre des variétés portant des résistances monogéniques et polygéniques. Dans la plupart des cas étudiés, l'efficacité

et la durabilité de la résistance des variétés de vigne combinant 2 gènes de résistance sont réduites lorsqu'elles sont cultivées avec des variétés n'ayant qu'un seul gène de résistance. Le modèle a été utilisé dans le cadre d'une démarche participative avec la cave coopérative « Nous, les vignerons de Buzet » afin de favoriser la durabilité des résistances, réduire les traitements fongicides et améliorer les marges économiques des exploitations et de la coopérative. Ces travaux soulignent l'intérêt d'adopter des approches participatives et pluridisciplinaires pour favoriser une gestion collective de la santé des plantes, en intégrant pleinement les sciences humaines et sociales.

Phytopathology
doi.org/10.1094/PHYTO-02-24-0075-R

<

L'équipe Gestion durable des résistances variétales de l'UMR SAVE étudie l'adaptation des agents pathogènes à la résistance génétique de la vigne.
 ©INRAE - B. Nicolas

BRÈVES

Ganaspis kimorum : une micro-guêpe pour protéger les cerises

Pour lutter contre *Drosophila suzukii*, un ravageur qui cause d'importants dégâts au sein de la filière cerise, des chercheurs d'INRAE ont procédé, après plusieurs années d'études en laboratoire, à des lâchers de *Ganaspis kimorum* dans le Vaucluse. Ces micro-guêpes parasitoïdes, ennemies naturelles de la drosophile asiatique, offrent une alternative écologique aux pesticides. L'efficacité de cette stratégie de biocontrôle sera évaluée sur plusieurs années.



©INRAE

INRAE et SynDev : un partenariat pour une agriculture durable grâce aux solutions de biocontrôle

INRAE et la start-up SynDev, spécialisée dans l'innovation agroécologique, se sont associés pour développer une application innovante d'aide à la décision pour les agriculteurs. Grâce à l'application, les agriculteurs pourront accéder à des recommandations en temps réel pour optimiser l'usage des biosolutions.

>
Medicago truncatula.
©INRAE - J.M. Prospero

Le microbiote des plantes : un acteur à prendre en compte dans la transition agroécologique des cultures

Bases génétiques des interactions plante-microbiotes

Le microbiote associé aux plantes, principalement composé de bactéries et champignons, est considéré comme le deuxième génome de la plante hôte et les interactions plante-microbiotes constituent un des leviers de la transition agroécologique. Elles contribuent en effet à de nombreux processus impliqués dans le développement, la croissance, mais aussi la tolérance aux stress abiotiques et biotiques. Le pilotage du microbiote par la plante suscite un intérêt grandissant. Une approche combinant écologie microbienne, écophysio-logie et génétique quantitative a été utilisée pour caractériser les relations génétiques entre microbiotes et stratégies nutritionnelles, en mobilisant une collection de 155 génotypes de la légumineuse modèle *Medicago truncatula* confrontés à un même réservoir de diversité microbienne. Les 155 génotypes de *M. truncatula* présentent des niveaux de croissance et des stratégies nutritionnelles contrastées et les communautés bactériennes à proximité de leurs racines varient en fonction du génotype des plantes. La présence de certaines bactéries est corrélée avec la biomasse de la plante ou encore le prélèvement d'azote. Les gènes de plante associés à la présence de ces bactéries et à d'autres taxons présents simultanément dans les réseaux bactériens sont majoritairement impliqués dans les voies de défense et de réponse hormonale, ainsi que dans le transport de nutriments et la croissance racinaire. L'ensemble des résultats suggère que la génétique de la plante pourrait affecter la croissance des plantes et leur stratégie nutritionnelle en pilotant le recrutement de bactéries clés situées au cœur du réseau bactérien du sol.

New Phytologist
doi.org/10.1111/nph.20272

Le microbiote des porte-greffes de vigne : un levier vers l'agriculture durable

L'analyse du microbiome des compartiments sol-rhizosphère-racine de 10 combinaisons greffon/porte-greffe de vigne cultivées sur un même sol montre que le génotype du porte-greffe joue un rôle majeur sur la composition et la structure de la communauté microbienne associée aux racines. Les résultats mettent en lumière la capacité des génotypes de porte-greffes et de scions de vigne à recruter différentes communautés fonctionnelles de microorganismes, qui affectent la croissance de l'hôte et son adaptation à l'environnement. La sélection de porte-greffes capables de s'associer à des



microorganismes symbiotiques positifs pourrait faciliter l'évolution vers une viticulture durable et aider à faire face aux contraintes environnementales.

Environmental Microbiome
doi.org/10.1186/s40793-024-00566-5
Environmental Microbiology
doi.org/10.1111/1758-2229.13318

Le microbiote racinaire influence profondément le contenu en métabolites de son arbre hôte

Les arbres sont associés à une large gamme de microorganismes colonisant les divers tissus de leur hôte. Pour évaluer l'impact de ce microbiote sur le métabolisme de l'hôte, la dynamique précoce de l'assemblage du microbiote le long de l'axe racine-tige et son interaction avec les contenus métaboliques des racines et des feuilles ont été étudiées à l'aide de boutures de peuplier issues de culture in vitro puis cultivées pendant 30 jours sur sol naturel ou stérilisé. Les résultats démontrent que l'assemblage des communautés microbiennes dans les habitats souterrains et aériens est très dynamique et implique des vagues successives de colonisation. Par ailleurs, la colonisation microbienne des racines réduit fortement la quantité et la nature des métabolites racinaires exsudés, notamment les métabolites de défense et les lipides. Elle induit également une reconfiguration du métabolisme de la plante entière. Cette étude met en évidence l'effet du microbiote primaire d'origine tellurique sur les voies métaboliques du peuplier, mettant en lumière les interactions complexes entre les plantes et les communautés microbiennes qui leur sont associées.

Microbiome
doi.org/10.1186/s40168-024-01888-9

Transition des élevages



42

Concilier performances économiques, environnementales et bien-être animal en élevage bovin allaitant

Les sociétés occidentales contemporaines ont des attentes à l'égard de l'élevage qui vont au-delà de la simple production et de prix alimentaires abordables et qui englobent désormais des normes élevées en matière de bien-être animal et de performance environnementale. En utilisant une base de données techniques et économiques issues de plus de 250 fermes bovines allaitantes françaises, les chercheurs d'INRAE et l'université Clermont Auvergne ont exploré la possibilité de concilier 3 objectifs souvent perçus comme contradictoires : la viabilité économique, la responsabilité environnementale et le bien-être animal. L'étude révèle des synergies modérées mais significatives entre les performances économique, environnementale et de bien-être animal. Par exemple, réduire le stress des animaux peut améliorer la productivité tout en diminuant l'empreinte écologique car les animaux sont plus efficaces pour la valorisation des aliments. Les résultats montrent que les pratiques qui mettent en concordance les besoins nutritionnels des animaux et la disponibilité de l'herbe sont la clé pour obtenir de bons résultats dans ces 3 dimensions à la fois. Cette analyse souligne l'importance de concevoir des systèmes d'élevage qui mettent constamment en adéquation la disponibilité des ressources alimentaires et les besoins phy-



Expérience terrain, UMR Herbivores.
©INRAE - C. Maître

siologiques des animaux. La combinaison de cette démarche avec une utilisation durable de ces ressources permet d'augmenter les performances multiples de ces systèmes.

[Agricultural Systems](#)

doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103956

Robotisation de la traite et nouvelle division du travail dans l'élevage laitier français

En agriculture, les robots participent d'une promesse de libération des agriculteurs des tâches les plus pénibles, voire sont vus comme une solution pour pallier le manque de main-d'œuvre. La traite robotisée des vaches laitières connaît un développement soutenu depuis le début des années 2000 et représente aujourd'hui 19 % des machines à traire au sein des exploitations françaises. Des chercheurs ont étudié comment la robotisation modifie le comportement au sein des exploitations en prenant l'exemple de la traite. L'automatisation de la traite contribue à faire disparaître les tâches manuelles et à



concentrer le travail sur la surveillance. La traite robotisée transforme ce processus en une activité continue, inspirée par la fluidité industrielle. Une étude comparative entre 2 petites régions agricoles françaises montre 3 impacts principaux de la robotisation de la traite : (1) Les horaires de travail des éleveurs s'allongent, rendant floue la distinction entre temps de travail et temps libre, (2) La coopération locale entre eux influence la dynamique géographique de l'adoption de la traite robotisée et (3) Le réseau de concessionnaires et franchises du machinisme de la traite est consolidé. Cette étude montre que la robotisation de la traite redéfinit la division du travail de façon variable selon les territoires productifs.

Économie rurale

doi.org/10.4000/12nsq

Rôle clé de l'élevage dans l'avenir de l'agriculture biologique

L'agriculture biologique (AB) est le modèle d'agriculture durable le plus promu dans l'Union européenne (UE), avec l'objectif d'atteindre 25 % des terres agricoles exploitées en mode biologique d'ici 2030. Son expansion est néanmoins entravée notamment par la disponibilité limitée en fertilisants, en particulier l'azote. Pour évaluer la contribution de l'élevage à l'AB en France, une quantification et modélisation des flux d'azote dans l'AB a été réalisée par des chercheurs d'INRAE et de l'Institut Agro en prenant en compte la provenance de fertilisants d'origine animale utilisés pour fertiliser les terres agricoles en AB et les besoins nutritionnels en azote des animaux en AB. Les résultats montrent que l'agriculture biologique en France dépend encore de sources d'azote provenant de l'agriculture conventionnelle (20 % du fumier utilisé en AB) et des importations (15 % des besoins nutritionnels en azote des animaux). Les chercheurs suggèrent plusieurs pistes pour limiter ces sources d'azote, comme la culture de légumineuses qui fixent l'azote de l'air, le maintien d'élevages AB pour préserver l'approvisionnement en ressources azotées, l'amélioration des pratiques de recyclage des nutriments au sein des systèmes agricoles et la mise en place de politiques publiques pour inciter à l'adoption de pratiques de gestion des nutriments plus durables.

Resources, Conservation and Recycling

doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107726

On hérite en partie du microbiote intestinal, preuve chez les porcs

Le microbiote intestinal est un écosystème de plusieurs centaines d'espèces microbiennes (bactéries, levures...) qui se construit progressivement après la naissance chez les animaux et les humains. On considère souvent que l'environnement, en particulier l'environnement maternel à la naissance, et l'alimentation sont les principaux facteurs influençant la composition du microbiote chez les jeunes. Pour la première fois, une équipe d'INRAE prouve expérimentalement, en sélectionnant 2 lignées de porcs pour 2 types de microbiote intestinal de composition bactérienne différente, que la formation du microbiote intestinal est également en partie héritable. Leur étude montre que la fréquence de chaque type de microbiote augmente de génération en génération dans chacune des 2 lignées. Par ailleurs, 1 des 2 types de microbiote favorise une croissance plus rapide chez les porcelets. Ces résultats prouvent que la génétique de l'animal a une influence importante sur la formation de son microbiote intestinal et que sa composition ne dépend pas que de l'environnement. Ils confirment l'intérêt de prendre en compte le microbiote intestinal dans les schémas de sélection pour améliorer la durabilité et la résilience en élevage.

Microbiome

doi.org/10.1186/s40168-024-01827-8

>



Élevage de porcs en plein air.
Cabane de post-sevrage avec litière de paille.
©INRAE - C. Maître

>

Gros plan sur une poule rougissant.
©INRAE - Bertin-Arnauld

>

Un défi pour la santé : la résistance aux antibiotiques de *Streptococcus suis*

Streptococcus suis est un pathogène zoonotique émergent qui cause des infections graves chez les porcs, la faune sauvage et les humains. Il représente un risque pour la santé publique et entraîne des pertes économiques dans l'industrie porcine. En collaboration avec l'Anses, un groupe de chercheurs s'est concentré sur la diversité génétique et la résistance aux antibiotiques de ce pathogène en France. L'analyse de 200 souches de *Streptococcus suis* isolées de porcs, d'humains et de sangliers en France métropolitaine a montré que 86 % des souches étaient résistantes à au moins 1 antibiotique sur les 22 testés avec 138 souches multi-résistantes en particulier aux macrolides et à la tétracycline. Le séquençage du génome de 102 de ces souches a révélé une large diversité génétique et mis en évidence 217 gènes de résistance, dont certains récemment découverts. Ces gènes sont souvent associés à des éléments génétiques mobiles, favorisant leur diffusion entre bactéries par transfert horizontal. Ces travaux soulignent la nécessité de surveiller les résistances et d'adapter les stratégies de traitement, bien que les antibiotiques de la famille des bêta-lactamines restent actuellement efficaces.

Microbial Genomics

doi.org/10.1099/mgen.0.001224



Les poules aussi rougissent d'émotions

L'étude des émotions chez les animaux est un champ de recherche complexe, encore peu exploré chez les oiseaux. Une équipe de recherche INRAE s'est intéressée à la poule domestique pour déterminer si le phénomène de rougissement existait chez les poules. 18 000 images ont été isolées pour alimenter et développer un programme capable de détecter des profils de poules et les extraire automatiquement. Un logiciel a permis de mesurer sur les photos le taux de rouge au niveau des zones de peau situées sur la face des poules. Les résultats montrent que les poules expriment bien un rougissement, qui varie en fonction de leur état émotionnel. Face à de la nourriture appétente, comme les vers de farine, les poules rougissent, mais elles deviennent écarlates sur toute la face lorsqu'elles vivent une expérience négative comme la capture. En revanche, dans un contexte de repos, leur peau apparaît beaucoup plus claire. Forts de ces nouvelles connaissances, les chercheurs se sont intéressés à la relation humain-animal. Leurs résultats montrent que les poules habituées à un humain conservaient une peau claire, synonyme d'un état calme, en sa présence. Ces résultats ouvrent une voie prometteuse pour explorer la vie émotionnelle des oiseaux, une étape essentielle pour améliorer le bien-être des volailles.

Applied Animal Behaviour Science

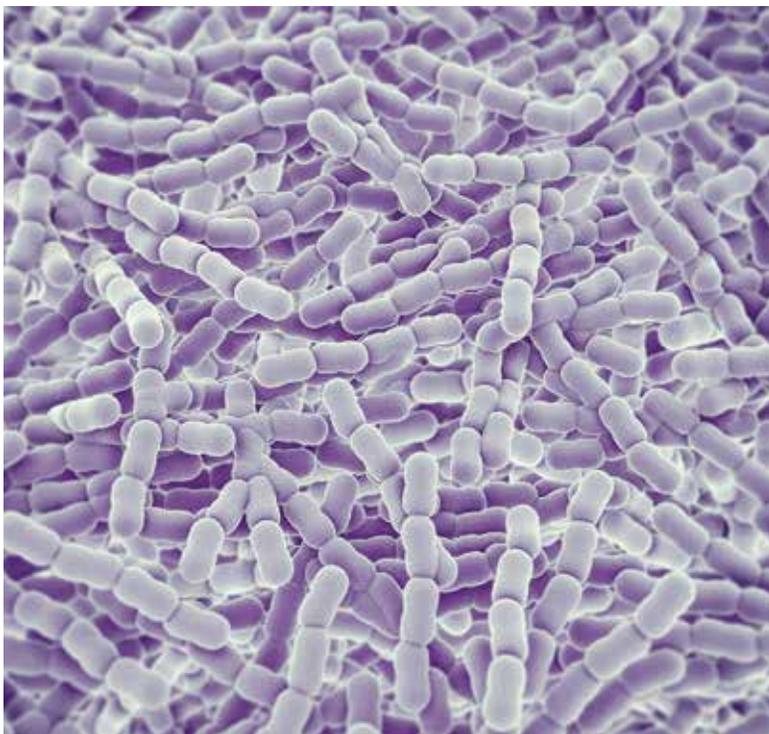
doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106268

PLOS One

doi.org/10.1371/journal.pone.0306601

<

Streptococcus suis.
©AdobeStock





Bien-être des animaux : évaluation et leviers d'amélioration

ENTRETIEN AVEC

Anne Collin

UMR Biologie
des oiseaux et aviculture

Comment définit-on et comment mesure-t-on le bien-être des animaux d'élevage ?

On définit aujourd'hui le bien-être des animaux (BEA) comme l'état mental et physique positif lié à la satisfaction des besoins physiologiques et comportementaux de l'animal, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal. Cinq libertés fondamentales doivent être respectées : absence de faim, de soif, de peur ou de détresse, de stress physique et thermique, de douleur et de maladie, et liberté d'expression des comportements normaux de l'espèce. Mais assurer ces 5 libertés n'est pas suffisant. Il est important de tenir compte également du ressenti des animaux, et de comprendre leurs besoins, préférences et émotions face à différentes situations. Nous collaborons avec des professionnels et des associations pour développer des outils d'évaluation du BEA. Par exemple, l'application mobile PIGLOW évalue le bien-être des porcs en ferme bio ou plein air en suivant des indicateurs de leur état corporel, leur comportement comme leur utilisation des parcours extérieurs, et en posant aux éleveurs des questions sur les pratiques et les infrastructures d'élevage.

Quelles sont les recherches conduites à INRAE sur le sujet et dans quel but ?

L'objectif est d'apporter de nouvelles connaissances pour déterminer comment améliorer les conditions de vie des animaux d'élevage, et de co-construire avec les professionnels et les acteurs de la société des démarches de progrès. Cela implique

de développer des pratiques favorisant le BEA de la naissance à la fin de vie tout en évaluant leurs impacts économiques, sociétaux et environnementaux. Nous étudions les compétences cognitives des animaux, leurs interactions entre eux, avec leur environnement et l'éleveur, et cherchons des indicateurs d'émotions positives à favoriser. Pour cela, nous utilisons



Nous collaborons avec des professionnels et des associations pour développer des outils d'évaluation du bien-être animal.



des connaissances en neurobiologie, éthologie et physiologie, ainsi que des outils d'analyse automatisés. Ces recherches sont coordonnées au sein du métaprogramme SANBA (Santé et bien-être des animaux) d'INRAE, mais également dans le nouveau partenariat européen pour le bien-être et la santé des animaux (EUPAHW). Par exemple, nous avons caractérisé l'utilisation des parcours extérieurs par les poulets en fonction de leur génétique mais aussi de leur personnalité, et

analysé les freins et motivations des éleveurs pour adopter des pratiques favorisant l'accès au plein air.

Vous travaillez sur l'aviculture, quels sont les leviers techniques à mobiliser pour améliorer le bien-être des volailles, mais aussi celui des éleveurs ?

Les leviers pour améliorer le BEA incluent l'accès à la lumière naturelle, à des structures de perchage, à l'accès au plein air, une meilleure régulation thermique des bâtiments, ou encore l'arrêt des cages pour la reproduction. L'ovosexage des poules rouses en couvoir a été généralisé en France : il permet de déterminer le sexe des embryons dans l'œuf, évitant l'élimination des poussins mâles après éclosion. Dans le projet européen Horizon 2020 PPILOW que j'ai coordonné, nous avons testé l'acclimatation précoce des poulets aux variations de température et réduit les causes de stress des poussins grâce à l'éclosion à la ferme. Nous avons également exploré l'élevage de poules à double fin, œufs et viande, pour éviter l'élimination des mâles, en collaboration avec les éleveurs, citoyens et pouvoirs publics. Cette approche s'inscrit dans la démarche One Welfare, qui considère le bien-être des animaux et des éleveurs.

Anses, 2018. Saisine n° « 2016-SA-0288 ». www.piglow.eu
animal
doi.org/10.1016/j.animal.2024.101099
INRAE Productions Animales
doi.org/10.20870/productions-animales.2023.36.4.7453

>

Des porcs dehors ? Des éleveurs s'expriment sur leurs freins et motivations

En élevage porcin, les animaux sont élevés très majoritairement en bâtiment, sans accès possible à l'extérieur. La demande croissante pour un élevage plus respectueux du bien-être de l'animal amène de nombreux éleveurs à réfléchir à des alternatives, notamment en offrant un accès extérieur aux animaux. Des éleveurs travaillant dans différents systèmes d'élevage : entièrement en intérieur, avec accès à une courette extérieure, en plein air intégral, sur parcours libre ou encore dans des élevages combinant diverses modalités d'accès à l'extérieur, ont été interrogés pour comprendre les motivations et les obstacles pour offrir un accès à l'extérieur aux animaux. La plupart des participants ont convenu que l'élevage de porcs en bâtiment génère un travail différent de l'élevage avec un accès à l'extérieur et que les 2 systèmes relèvent avant tout d'une question de choix, de conception du travail de l'éleveur et de confort de travail. L'étude montre que, bien que les éleveurs soient conscients des avantages de l'accès à l'extérieur pour les porcs, de nombreux obstacles pratiques et financiers subsistent (coût plus élevé des infrastructures, difficulté du travail en extérieur, risques accrus de maladies notamment). Un soutien approprié est essentiel pour faciliter la transition vers des systèmes d'élevage plus ouverts. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour développer des solutions pratiques et économiques permettant de surmonter les obstacles identifiés.

animal

doi.org/10.1016/j.animal.2024.101138

▼

BRÈVE

Un nouveau partenariat européen pour la santé et le bien-être animal

INRAE participe au partenariat européen EUPAHW qui vise à développer des collaborations pluridisciplinaires entre les acteurs de la santé et du bien-être des animaux, à travers une approche « une seule santé » et « un seul bien-être », pour maîtriser les maladies infectieuses animales et promouvoir le bien-être animal. Avec 90 partenaires, il s'agit de loin de l'initiative de recherche et d'innovation la plus ambitieuse jamais financée par la Commission européenne et donc susceptible d'avoir un impact sociétal, économique et politique sans précédent.



RS

Des recherches aux solutions

Poussins en attente d'identification, unité PEAT.

©INRAE - B. Nicolas

▼



Biocontrôle par les phages des entérobactéries pathogènes en filière avicole

Les entérobactéries pathogènes telles que *Salmonella enterica* et *Escherichia coli* ont un impact économique majeur sur la filière avicole. *S. enterica* infecte les volailles de façon asymptomatique, et sa présence entraîne le retrait des animaux pour éviter la contamination de la chaîne alimentaire humaine. Les *E. coli* pathogènes aviaires (APEC) provoquent la colibacillose, principale maladie bactérienne des volailles. Les animaux malades sont principalement traités par antibiothérapie, favorisant l'émergence de bactéries multirésistantes aux antibiotiques. L'utilisation de bactériophages peut s'avérer prometteuse pour prévenir ces infections. Les équipes d'INRAE ont montré qu'un cocktail de phages commercial administré avant l'infection dans l'eau de boisson réduit considérablement la colonisation de *Salmonella* dans les cæcums jusqu'à 4 jours après l'infection sans perturber leur microbiote. En collaboration avec des chercheurs danois, belges et britanniques, une collection de phages actifs contre des souches APEC circulantes en élevage a été constituée et a conduit à la création d'un nouveau genre : les Nouzillyvirus. L'administration dans l'œuf de 4 phages de la collection s'est révélée très prometteuse pour protéger les poussins dans leur première semaine de vie, période d'élevage critique, et pour diminuer l'excrétion fécale des souches d'*E. coli* pathogènes, préservant ainsi la salubrité de l'environnement de l'élevage.

Microbiology Spectrum

doi.org/10.1128/spectrum.04296-22

MicrobiologyOpen

doi.org/10.1002/mbo3.70002

Poultry Science

doi.org/10.1016/j.psj.2023.102967

Renforcer la compréhension des processus de transition

Diminution des protéines animales dans l'alimentation française : des compromis environnementaux à trouver

La diminution de la part des protéines animales dans l'alimentation est préconisée pour des raisons environnementales et de santé. Les chercheurs ont calculé l'empreinte environnementale d'un régime alimentaire moyen français par analyse du cycle de vie en s'appuyant sur la base de données nationale Agribalyse qui rassemble les données d'impact environnemental des produits agricoles et alimentaires. Ce régime simulé a été conçu pour être le plus bas possible en protéines et avec une part en protéines animales minimale, en respectant toutes les contraintes nutritionnelles et en restant proche du prix du régime moyen. Les résultats montrent que la réduction de la part des protéines animales de 70 à 50 % est possible sans dégrader les caractéristiques nutritionnelles des régimes et leur accessibilité financière. Comparé au régime observé, ce nouveau régime induit une diminution potentielle de l'impact sur le changement climatique, l'acidification et l'occupation des terres, la demande énergétique et l'eutrophisation marine. À l'inverse, et notamment en raison de la salmoniculture requise pour la production de l'apport en poisson du régime faible en protéines animales, il augmente l'impact sur l'eutrophisation de l'eau douce et l'utilisation de l'eau et les dommages à la biodiversité. Ces résultats montrent qu'il est nécessaire d'accompagner la transition des régimes alimentaires par une révision profonde des modes de production agricole.

animal

doi.org/10.1016/j.animal.2024.101182

Qualité nutritionnelle des importations alimentaires aux Antilles françaises

Les mutations de l'environnement alimentaire peuvent être des déterminants importants des transitions nutritionnelles. Les Antilles connaissent une transition nutritionnelle avancée mais non achevée, marquée par une dégradation rapide de l'état nutritionnel et de la qualité de l'alimentation. Les déterminants de l'évolution de la qualité nutritionnelle des importations alimentaires en Guadeloupe et en Martinique, qui constituent actuellement 90 % des calories consommées, ont été analysés. L'étude montre une dégradation du contenu nutritionnel des importations, avec notamment une augmentation des importations en protéines animales, acides gras saturés et sucres provenant d'aliments ultra-transformés. La transition nutritionnelle est associée à l'augmentation du PIB par habitant et à l'expansion de la grande distribution. Ces résultats confirment ceux d'autres études sur le rôle de la transformation des environnements alimentaires dans la transition nutritionnelle en Amérique latine et dans les Caraïbes.

[Review of Agricultural, Food and Environmental Studies
doi.org/10.1007/s41130-024-00214-z](https://doi.org/10.1007/s41130-024-00214-z)

Illustration.
©AdobeStock
▼





La transdisciplinarité : un idéal à l'épreuve de la pratique

Une équipe de recherche a exploré les approches transdisciplinaires, associant chercheurs et non-chercheurs, pour accompagner les transitions agroécologiques. L'analyse croisée de la littérature méthodologique sur la pratique de la transdisciplinarité et de 7 cas concrets de recherche participative sur la transition écologique de l'agriculture et des territoires ruraux met en lumière les tensions qui émergent lors de la mise en pratique de cette approche. Les chercheurs formulent des recommandations dans 3 domaines : la composition des groupes multi-acteurs et la régulation continue des relations et de l'engagement ; la gestion des temporalités demandant un équilibre entre court terme opérationnel et long terme stratégique et enfin, la capacité d'adaptation des projets avec des ajustements face aux imprévus. Les enseignements tirés de ces analyses contribuent à améliorer l'évaluation des processus transdisciplinaires et offrent des repères utiles pour les praticiens engagés dans des projets similaires.

[Agroecology and Sustainable Food System
doi.org/10.1080/21683565.2024.2305759](https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2305759)



Échange entre chercheur et non-chercheur (illustration).
©AdobeStock

Stimuler l'innovation semencière grâce à une réglementation adaptée

Les semences fermières sont des semences issues de la récolte des agriculteurs, qu'ils utilisent pour les semis de la campagne agricole suivante. Cette pratique, largement répandue pour certaines espèces de grandes cultures, peut impliquer le paiement d'une contribution pour financer la recherche semencière et créer de nouvelles variétés. Une équipe d'INRAE a montré que la mise en place d'une contribution sur les semences fermières permet d'améliorer le bénéfice global de tous les acteurs économiques concernés, des agriculteurs aux obtenteurs de variétés protégées. Ces résultats ont été obtenus en analysant des systèmes existants dans les pays européens et en Australie par une approche de modélisation suffisamment générale pour représenter des situations économiques diverses. Ils soulignent l'importance d'une réglementation adaptée en fonction du contexte des coûts de recherche.

[American Journal of Agricultural Economics
doi.org/10.1111/ajae.12489](https://doi.org/10.1111/ajae.12489)

BRÈVES

Contribution des indications géographiques à un développement territorial intelligent et durable

Lancé en 2024, le projet Horizon Europe GI SMART (Geographical Indications's contribution to SMART territorial development and sustainability) coordonné par INRAE s'appuie sur un consortium de recherche regroupant 17 partenaires de l'UE, de Grande-Bretagne et de Suisse.

Il a pour objectif d'analyser la contribution des indications géographiques (appellations d'origine protégées, indications géographiques protégées, signes officiels de qualité) à un développement territorial durable en Europe.

Une chaire de recherche pour accompagner la transition des agriculteurs du Nord-Est

INRAE apporte son soutien scientifique à la chaire de recherche lancée par la coopérative agricole Vivescia et UniLaSalle. Cette chaire s'inscrit dans le programme Transitions de Vivescia qui vise à accompagner la mise en place de fermes résilientes favorables au climat (adaptation et mitigation) et à la biodiversité. S'inspirant des approches living labs, ce programme souligne le rôle clé joué par la coopération agricole dans les transitions des systèmes agricoles et alimentaires dans les territoires.



Construction des qualités des régimes alimentaires

Des pâtes pour une alimentation saine et durable

L'augmentation de la malnutrition nécessite des solutions appropriées pour lutter contre ce problème mondial de santé publique. Les pâtes sont consommées dans le monde entier mais, malgré une teneur élevée en glucides avec un faible indice glycémique et une teneur non négligeable en protéines, les pâtes traditionnelles contiennent du gluten, manquent de certains acides aminés essentiels et ne contiennent que de faibles quantités de fibres et de micronutriments. Pour optimiser la composition nutritionnelle de cet aliment de base en utilisant des matières premières africaines résilientes face au climat et riches en fibres, 4 formules de pâtes alimentaires complètes ont été développées par programmation linéaire. Les propriétés culinaires de ces pâtes contenant du niébé en mélange ou non avec du teff et/ou des feuilles d'amarante se sont révélées satisfaisantes. Elles permettent de couvrir l'ensemble des recommandations nutritionnelles de la FAO pour un repas en protéines, fibres, fer, zinc, vitamine B9, avec un indice glycémique in vitro similaire ou inférieur à celui des pâtes au blé et une qualité protéique 2 fois supérieure. L'introduction de ces pâtes dans les diètes des populations de certains pays africains (Afrique du Sud, Ouganda et Kenya), partenaires du projet européen Innofood Africa au sein duquel ces pâtes alimentaires ont été développées, pourrait améliorer la couverture des besoins.

LWT

doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115899

Diversité des légumineuses : une ressource sous-exploitée dans l'industrie agroalimentaire

Les légumineuses jouent un rôle essentiel dans la transition agroécologique en favorisant la diversification des cultures et en diminuant le recours aux engrais chimiques. Elles fournissent aussi une source complémentaire de protéines aux régimes alimentaires. Afin d'évaluer la diversité des espèces de légumineuses dans les produits alimentaires transformés, les chercheurs d'INRAE et de l'université de Toulouse ont mis au point un algorithme permettant l'analyse textuelle des listes d'ingrédients et examiné 350 000 produits de 80 pays sur la période 2010-2021. L'étude a révélé une grande diversité d'espèces de légumineuses à graines (32 espèces) utilisées par l'industrie agroalimentaire, largement dominées par le soja présent dans 73 % des produits analysés. La manière dont ces espèces sont utilisées et promues dans les listes d'ingrédients et sur les emballages reflète une tendance de l'industrie agroalimentaire

à privilégier les fonctionnalités des ingrédients plutôt que leur diversité biologique. La concentration du marché sur certaines espèces dominantes, et en particulier sur le soja, constitue un frein à la diversification, malgré l'évolution perceptible en faveur d'autres légumineuses, notamment en Europe. Ces travaux ouvrent des perspectives dans la manière de suivre l'évolution de la diversité des espèces mobilisées dans l'offre alimentaire afin de construire un indicateur de biodiversité marchande.

npj Science of Food

doi.org/10.1038/s41538-024-00305-7

Atelier découverte des légumineuses
au Salon de l'agriculture.
©INRAE - B. Nicolas



>

L'impact des terroirs sur le goût unique des fromages AOP et leur diversité microbienne

En France, 46 fromages bénéficient de l'appellation d'origine protégée (AOP), qui atteste de l'origine géographique des produits. Les bactéries, levures et moisissures présentes dans le lait et celles introduites durant la fermentation contribuent au goût et à la texture du fromage et participent à la formation de sa croûte. Une équipe de chercheurs d'INRAE, du CEA, du CNAOL et du CNIE a étudié la diversité microbienne des fromages AOP et des laits associés à l'échelle du territoire français grâce à des échantillons collectés auprès de 386 producteurs fermiers et fromageries. L'analyse de données de séquençage a permis de détecter une grande diversité d'espèces microbiennes dans 2 000 échantillons de fromages et les 400 laits associés. Une part importante des espèces identifiées dans les fromages pourrait provenir des laits. En croisant ces données avec les informations recueillies sur les pratiques de production, les chercheurs ont montré que le facteur AOP (qui englobe aussi bien la zone géographique, la topographie de la région ou encore les facteurs humains) a un impact sur cette diversité microbienne. Les résultats démontrent la contribution du savoir-faire régional à l'élaboration du microbiote fromager. Cette étude servira de référence sur la diversité microbienne en relation avec les pratiques de production des fromages AOP.

ISME Communications

doi.org/10.1093/ismeco/ycae095



>

Fromages de chèvre.
©INRAE - J. Weber

>
Consommateurs au supermarché
(illustration).
©Freepik

Une alimentation saine et durable accessible et valorisante pour tous

L'étiquetage nutritionnel surpasse en efficacité les taxes et subventions

La France a mis en place plusieurs politiques nutritionnelles pour améliorer les choix alimentaires des citoyens, dont le Nutri-Score, un étiquetage nutritionnel synthétique et coloré. Au niveau international, de plus en plus d'agences et de groupes d'experts misent sur des politiques de tarification, telles que les taxes et subventions, pour contrer la hausse de l'obésité. L'impact sur la qualité nutritionnelle des achats alimentaires de consommateurs français de ces 2 politiques – l'étiquetage et la tarification – ainsi que leur combinaison a été analysé par une approche d'économie expérimentale. Les résultats confirment l'efficacité du Nutri-Score pour améliorer la qualité nutritionnelle des achats tandis que les politiques tarifaires, même explicites et importantes, ont un impact plus faible. La combinaison étiquetage-tarification n'apporte qu'un faible gain supplémentaire. Sur le plan économique, ces différentes politiques alimentaires impactent peu le budget alimentaire des ménages. Le coût pour l'État d'une politique de prix n'apparaît pas justifié au vu de son faible impact.

[Journal of Economic Behaviour and Organization](https://doi.org/10.1016/j.jebo.2024.106825)
doi.org/10.1016/j.jebo.2024.106825

Soutien des revenus agricoles : des analyses économiques

En 2024, de nombreuses manifestations agricoles ont remis la question des revenus des agriculteurs au centre du débat politique. Les chercheurs d'INRAE ont contribué à éclairer ce débat à travers 2 études analysant les politiques publiques pour soutenir ces revenus. Dans une première étude, grâce à des approches de modélisation, 2 solutions ont été comparées : l'instauration de restrictions à l'importation, similaires à celles en vigueur dans la PAC avant 1992, et le renforcement des lois Egalim. Les simulations montrent que les restrictions à l'importation seraient inefficaces. En revanche renforcer les lois Egalim semble plus prometteur. Une deuxième étude a exploré l'impact de prix minimums pour les matières premières agricoles. Elle révèle que ces prix minimums sont inefficaces sur un marché concurrentiel, mais peuvent s'avérer efficaces dans les filières où un petit nombre d'acheteurs dominant le marché et peuvent imposer des prix d'achat inférieurs à la valeur économique réelle des produits. Les scientifiques suggèrent que si un prix minimum indexé sur les cours internationaux peut difficilement lisser les revenus



agricoles, l'introduction d'un dispositif assurantiel pourrait répondre à cette problématique.

[International Economics](https://doi.org/10.1016/j.inteco.2024.100549)
doi.org/10.1016/j.inteco.2024.100549

[Notes IPP N° 112,](https://www.ipp.eu/publication/prix-planchers-dans-les-filieres-agroalimentaires-une-mesure-defficacite)
www.ipp.eu/publication/prix-planchers-dans-les-filieres-agroalimentaires-une-mesure-defficacite

Optimiser les rendements agricoles à l'échelle mondiale pour répondre à une demande alimentaire croissante

Si la population et la demande alimentaire ont tendance à stagner en Europe, ce n'est pas le cas dans tous les pays du monde. Une nouvelle étude menée par des chercheurs d'INRAE et de l'université du Minnesota a estimé le potentiel de croissance des rendements agricoles futurs à l'échelle mondiale en examinant les potentiels d'augmentation des rendements de 10 cultures majeures à l'échelle mondiale. Les résultats mettent en lumière des disparités significatives, selon les cultures et les régions. Ils ont identifié des potentiels de croissance des récoltes pour plusieurs cultures, notamment pour le maïs, le manioc et le sorgho, tout en alertant sur le risque de stagnation des rendements du riz en Asie. Pour le blé, la situation est contrastée, avec des zones géographiques où le rendement a déjà atteint un plateau, comme par exemple en France, et des zones où la productivité reste éloignée du rendement potentiel, notamment en Inde et dans certaines régions d'Amérique du nord et d'Afrique. Ces résultats pourraient servir à orienter les politiques agricoles mondiales.

[Nature Food](https://doi.org/10.1038/s43016-023-00913)
doi.org/10.1038/s43016-023-00913



Une bioéconomie basée sur une utilisation sobre et circulaire des ressources



©AndréStock

La diversification des bioressources et de leurs usages en cascade est indispensable pour répondre de façon durable aux besoins alimentaires, à la production de biomatériaux, de biomolécules ou d'énergie renouvelable. Il est nécessaire à cet effet 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.



Production de protéines microbiennes et dépollution de l'environnement

Utilisation du gaz dihydrogène (H₂) pour la production de protéines

La protéine microbienne (PM) est une source de protéines prometteuse. Associer la production de PM à la récupération des ressources, dans le cadre de l'économie circulaire, renforce les avantages environnementaux et économiques du procédé. L'utilisation de substrats gazeux dérivés de flux de déchets, qui présentent l'avantage d'être facilement stérilisés, permet de générer une PM exempte de pathogènes et très peu variable. Les chercheurs ont évalué l'efficacité d'un mélange de bactéries enrichi en bactéries pourpres non sulfureuses (BPNS) pour la production de PM, en utilisant H₂, N₂ et CO₂ comme sources d'électrons, d'azote et de carbone et la lumière comme seule source d'énergie. Les rendements en biomasse et en protéines obtenus étaient extrêmement élevés quelles que soient les conditions environnementales testées, les classant parmi les valeurs les plus élevées jamais rapportées pour la valorisation biologique d'un flux gazeux. La biomasse bactérienne produite contenait plus de 50 % de protéines avec des profils d'acides aminés adéquats, montrant son aptitude comme PM pour l'alimentation animale. Grâce à leurs rendements élevés, à leur teneur en protéines et à leur métabolisme flexible, les BPNS peuvent être utilisées pour valoriser efficacement H₂, N₂ et CO₂ en les transformant en PM.

[Science of The Total Environment
doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168471](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168471)

Dégradation des antibiotiques par les champignons

L'utilisation importante d'antibiotiques a entraîné des niveaux dangereux de pol-



lution des eaux souterraines et des sols, provoquant des changements significatifs dans les écosystèmes aquatiques et créant des conditions favorables à la prolifération de pathogènes résistants aux antibiotiques. Ces polluants représentent donc une menace pour l'environnement et pour la santé animale et humaine. En collaboration avec l'université de Sfax (Tunisie), les chercheurs d'INRAE ont identifié 2 champignons particulièrement efficaces pour dégrader les antibiotiques de la famille des fluoroquinolones : *Porostereum spadiceum* et *Bjerkandera adusta*. Le génome de *P. spadiceum* a été séquencé dans le cadre de ce programme de recherche en collaboration avec le Joint Genome Institute (États-Unis). Les enzymes potentiellement impliquées

^
Enrichissements photoautotrophes de bactéries pourpres non sulfureuses. LBE.
©INRAE - G. Capson Tojo

dans la biotransformation de ces antibiotiques, certains de leurs mécanismes d'action ainsi que les produits de dégradation ont été caractérisés. La poursuite de l'étude des mécanismes d'action des enzymes permettra de déterminer les voies de dégradation des antibiotiques et d'améliorer les connaissances génériques sur les catalyseurs enzymatiques. Ces connaissances seront utilisées pour optimiser les procédés de biotransformation.

[Ecotoxicology and environmental safety
doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115808](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115808)
[Heliyon
doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30611](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30611)

Recyclage de déchets en plastique (illustration).
©AdobeStock





Une boîte à outils biologiques pour le recyclage des plastiques

ENTRETIEN AVEC

Bastien Bissaro

UMR Biodiversité
et biotechnologie fongiques

Quels sont les impacts de l'utilisation des plastiques sur l'environnement ?

Les plastiques sont devenus indispensables à nos modes de vie, étant omniprésents dans tous les domaines comme la santé, la construction, l'habillement, le transport, les emballages... Ils ont permis de nombreux progrès technologiques, mais leur usage massif a des impacts environnementaux majeurs à toutes les étapes de leur cycle de vie. À la production, les processus de synthèse sont très énergivores et utilisent des combustibles fossiles. Durant leur utilisation, et, a fortiori, en post-utilisation, ils polluent eaux, sols et organismes vivants, que cela soit sous forme de micro- et nano-plastiques ou via les additifs qu'ils renferment. L'impact de leur accumulation dans les écosystèmes et les organes est le sujet de recherches intenses.



Les enzymes, véritables nanomachines du vivant, ont un rôle clé à jouer dans le recyclage du plastique grâce à leur sélectivité.



Quelles stratégies adopter pour limiter ces impacts ?

La réponse à ces problèmes ne peut être manichéenne. À mon sens, c'est l'alliance de 3 approches complémentaires qui permettra de limiter ces impacts et de faire évoluer le plastique vers une bioéconomie circulaire, à savoir : (I) Développer et utiliser des plastiques biosourcés issus de ressources renouvelables tels que la biomasse végétale pour diminuer l'utilisation du pétrole et les conséquences qui en découlent ; (II) Réduire les déchets à la source : le meilleur déchet est celui qui n'existe pas. Cela passe par limiter les emballages superflus et supprimer les plastiques à usage uniques, utiliser des matériaux alternatifs biodégradables ou conçus pour être dégradables, ainsi que des contenants durables et réutilisables, par exemple en verre ou inox ; (III) Mieux trier et recycler les déchets plastiques. Moins de 10 % du plastique est aujourd'hui recyclé. La majorité est enfouie, incinérée ou exportée, générant d'autres formes de pollution. Les enzymes, véritables nanomachines du vivant, ont un rôle clé à jouer dans le recyclage du plastique grâce à leur sélectivité : elles catalysent des réactions chimiques de manière précise et contrôlée, sans modifier leur environnement, permettant d'obtenir dans des conditions réactionnelles douces des produits maîtrisés. Cependant, l'affaire n'est pas si simple. Les plastiques étant récents sur l'échelle des temps (moins de 150 ans), les enzymes naturelles n'ont pas eu le temps d'évoluer pour agir efficacement sur de tels substrats, et nécessitent par conséquent un coup de pouce.

Quels sont les travaux conduits à INRAE en la matière ?

INRAE mène plusieurs recherches innovantes sur les plastiques, visant à comprendre leur impact environnemental et à développer des solutions durables. Par exemple, l'unité Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes se distingue par ses travaux innovants sur les plastiques biosourcés et biodégradables, et le Toulouse Biotechnology Institute, en collaboration avec l'entreprise CARBIOS, développe des enzymes capables de dégrader le polytéréphthalate d'éthylène (PET, plastique des bouteilles) et l'acide polylactique (PLA). L'unité Biodiversité et biotechnologie fongiques, forte de son expertise sur les champignons filamenteux et leurs enzymes oxydatives, notamment ceux dégradant la lignocellulose, explore la reprogrammation de ces enzymes pour dégrader divers types de plastiques pétro- et bio-sourcés. Bien que le chemin à parcourir reste encore long, cette boîte à outils enzymatiques grandissante, couplée à des plastiques conçus pour réintégrer le cycle du carbone, est la clé vers un bio-recyclage efficace des plastiques.

Chem & Bio Engineering
doi.org/10.1021/cbe.4c00125
Nature Reviews Chemistry
doi.org/10.1038/s41570-023-00565-z
Nature
doi.org/10.1038/s41586-024-07709-1



Favoriser une approche globale de la santé



© AdobeStock

De nombreux risques pèsent sur la santé des végétaux, des animaux et des humains et plus globalement 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 par 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 ré-émergences des maladies transmissibles

Dispersion et introduction à longue distance par le vent du vecteur de la fièvre catarrhale ovine et de la maladie hémorragique épizootique en Europe

L'élevage des ruminants en Europe est, chaque année, confronté à de nouvelles introductions ou à des réintroductions régulières de fièvres hémorragiques transmises par des moucheron de type *Culicoides* spp., telles que la fièvre catarrhale ovine (FCO) ou plus récemment la maladie hémorragique épizootique (MHE). Bien que la dispersion à longue distance par le vent des *Culicoides* soit reconnue comme une voie d'introduction du virus, elle reste sous-étudiée dans l'évaluation des risques. Les chercheurs ont adapté un modèle de dispersion atmosphérique afin de prendre en compte les spécificités biologiques et écologiques de l'insecte vecteur et ainsi déduire ses trajectoires. Le modèle a prédit avec une bonne sensibilité les zones nouvellement infectées par le virus de la MHE en France, sur une période de 5 semaines après sa première introduction dans le pays en 2023. En complétant

ce modèle avec des données de densité d'hôtes, d'abondance de vecteurs, et des paramètres épidémiologiques, les zones à risque d'introduction de FCO par le vent à partir des foyers persistants en Sardaigne ont été mises en évidence. Les cartes de dispersion par le vent obtenues pourraient aider à identifier le sérotype viral le plus susceptible d'envahir une zone non infectée et à anticiper la production de vaccins. Une application web a été développée pour faciliter l'utilisation rapide du modèle et promouvoir son utilisation à plus grande échelle.

[Transboundary and Emerging Diseases](#)

doi.org/10.1155/2024/5571195

[Risk Analysis](#)

doi.org/10.1111/risa.14345



Brebis et agneaux dans une bergerie expérimentale.
©INRAE - B. Nicolas



Propagation de la grippe aviaire sur les marchés de volailles vivantes en Asie

Les marchés de volailles vivantes sont omniprésents et très populaires en Asie, où ils constituent des points névralgiques de propagation et d'évolution des virus de la grippe aviaire. Les scientifiques du programme international One Health Poultry Hub, auquel INRAE participe, ont modélisé la propagation de la grippe aviaire dans ces marchés en intégrant pour la première fois des données biologiques prélevées sur le terrain. Ils ont focalisé leur étude sur le virus H9N2 de la grippe aviaire, peu virulent pour les volailles mais constituant un risque majeur dans la propagation et l'évolution de la maladie. Les résultats montrent que 10 % des oiseaux arrivent déjà contaminés sur les marchés et plus de 90 % des oiseaux susceptibles d'être contaminés sont infectés en moins de 24 heures sur le marché s'ils y demeurent au moins une journée. La vitesse de propagation de la grippe aviaire sur ces marchés plaide en faveur de l'adoption de mesures de prévention en amont des marchés auprès des transporteurs et des éleveurs pour réduire le risque de propagation du virus, notamment par des stratégies de vaccination.

Nature Communications

doi.org/10.1038/s41467-024-47703-9

Tuberculose : vers de futurs biomarqueurs pour évaluer la contagiosité

La tuberculose causée par la bactérie *Mycobacterium tuberculosis* est la deuxième cause de mortalité due à une maladie infectieuse à l'échelle mondiale, derrière la Covid-19. L'évolution de la maladie est compliquée à suivre et les tests ne permettent pas de différencier une forme de tuberculose active (contagieuse) d'une forme latente (non contagieuse). Or près d'1/3 de la population mondiale serait infectée par la bactérie de manière latente, le plus souvent sans aucun signe clinique. Des scientifiques d'INRAE et de l'Inserm, en collaboration avec des chercheurs du Brésil et de Belgique, ont découvert 2 sous-types de neutrophiles, un type de globule blanc qui détruit les pathogènes. Ces neutrophiles classiques et régulateurs jouent des rôles opposés dans la réponse inflammatoire suite à une infection par *M. tuberculosis*. Les résultats obtenus ouvrent des perspectives pour un diagnostic des différents états cliniques des patients, du passage de la forme latente asymptomatique à symptomatique, en fonction de la concentration de neutrophiles classiques et régulateurs dans le sang. La détection des sous-types de neutrophiles comme biomarqueurs permettrait de cibler la prescription d'antibiotiques aux individus qui risquent de développer une forme contagieuse.

Life Science Alliance

doi.org/10.26508/lsa.202402623

Des leviers d'action



Moustique tigre (illustration).
©Pixabay



Un moyen efficace pour détecter les moustiques-tigre infectés par le virus de la dengue en France hexagonale

La dengue – ou grippe tropicale – est la principale maladie virale liée aux moustiques et contre laquelle il n'existe pas de traitement spécifique. La prévention est donc essentielle. Bien qu'historiquement restreintes à la zone intertropicale, des infections humaines par le virus de la dengue sont détectées en France hexagonale depuis 2010 mais les données permettant d'identifier les espèces de moustiques impliquées et de tracer le virus font défaut. Soutenus par le réseau local MASCARA, regroupant des agences de santé publique et l'Anses, les chercheurs INRAE, leurs collègues de l'université Claude Bernard Lyon 1 et l'EPHE-PSL ont analysé, à la fin de l'été 2023, des moustiques provenant de pièges privés au sein d'un quartier urbain français touché par un foyer de dengue. Pour la première fois, ils ont pu montrer que le virus circule en France métropolitaine via les populations locales de moustiques-tigre. Cette découverte permet non seulement de confirmer l'espèce vectrice de la dengue, mais elle propose aussi un moyen innovant pour tracer le virus et suivre l'épidémiologie de la maladie facilement, rapidement et à moindre coût, par l'analyse des contenus des pièges à moustiques chez des citoyens vivant autour des cas détectés de la maladie.

Eurosurveillance

doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.36.2400195

Une nutrition préventive pour la santé publique et environnementale

Changer son alimentation : quels sont les choix les plus efficaces ?

Diminuer sa consommation de viande est de plus en plus en vogue dans les pays occidentaux, que ce soit pour des questions de santé humaine ou de pression sur l'environnement. Grâce à la modélisation, les chercheurs d'INRAE et d'AgroParisTech ont identifié les trajectoires sûres permettant cette diminution de manière efficace pour différents groupes de population consommant initialement plus ou moins de viande. Les résultats suggèrent que la consommation de viande rouge pouvait être réduite nettement pour l'ensemble des populations étudiées, que ce soit des hommes ou des femmes. Cependant, pour mener cette diminution dans une trajectoire saine et sûre sur le plan nutritionnel, il est nécessaire d'augmenter la consommation de fruits, légumes et de poisson gras avant de réduire la quantité totale de viande rouge. Pour les femmes, les apports en fer biodisponibles sont les plus limitants et ces adaptations préalables sont nécessaires pour ne pas augmenter le risque d'anémie par carence en fer. Ces travaux révèlent l'importance des premières étapes de réorganisation du régime pour une transition alimentaire sûre et efficace vers un régime alimentaire à dominante végétale.

The Journal of Nutrition
doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.06.008

Alimentation des 12 premiers mois de l'enfant et risque de surpoids

De nombreux travaux portent sur les effets bénéfiques de l'allaitement maternel sur la santé de l'enfant et certains d'entre eux suggèrent qu'il protège contre le risque ultérieur de surpoids/obésité. Cependant, l'alimentation des enfants non exclusivement allaités est rarement prise en compte. Des travaux ont été conduits pour évaluer le lien entre l'alimentation de la première année prise dans sa globalité (alimentation lactée et diversifiée) et l'indice de masse corporelle (IMC) des enfants. En analysant les données de plus de 9 000 enfants de la cohorte nationale ELFE, les chercheurs ont mis en évidence, en accord avec la littérature, que les enfants allaités au

moins 6 mois avaient un IMC plus bas à 1 an. En revanche, aucun effet bénéfique de l'allaitement sur le risque de surpoids à 7,5 ans n'a été observé. Par ailleurs, une diversification précoce (< 4 mois) de la nourriture est associée à un IMC plus élevé pendant l'enfance. Ces résultats soulignent l'importance de considérer les différentes dimensions de l'alimentation infantile pour mieux comprendre leurs effets.

Pediatric Obesity
doi.org/10.1111/ijpo.13121



Alimentation variée (illustration).
©AdobeStock

>



Impacts sur la santé cardiométabolique d'un régime alimentaire flexitarien

Les données épidémiologiques montrent que les régimes avec de plus fortes consommations des sources de protéines végétales (PV) sont associés à un moindre risque cardiométabolique et diminuent la probabilité d'être victime d'un accident vasculaire ou de développer le diabète. Une étude a été conduite pour explorer les effets métaboliques explicatifs de cet effet en analysant l'effet d'une transition nutritionnelle d'un mois chez des hommes en surpoids à risque cardiométabolique. Un régime flexitarien (2/3 de PV dans l'apport protéique total) et un régime représentatif de l'alimentation moyenne des Français (1/3 de PV) ont été comparés. Les chercheurs ont pu mettre en évidence que le régime flexitarien induisait des adaptations métaboliques plutôt favorables et subtiles. Celles-ci incluaient une diminution des produits de dégradation de certains acides aminés connus pour être positivement associés au risque cardiométabolique et une augmentation des produits de dégradation du tryptophane par le microbiote intestinal. Cette caractérisation des réorientations métaboliques précoces lors d'une augmentation modérée du taux de PV dans l'alimentation fournit des pistes mécanistiques, à valider dans des études de plus grande envergure, pour expliquer la réduction du risque cardiométabolique par une alimentation riche en PV.

Clinical Nutrition

doi.org/10.1016/j.cnu.2024.10.009

L'équipe PPCA de l'unité Toxalim étudie, dans un but de prévention, comment la consommation de viande rouge et de charcuterie peut favoriser la cancérogénèse colorectale.
©INRAE - B. Nicolas

Le microbiote intestinal : un acteur majeur dans la relation entre l'alimentation et le cancer colorectal

La viande rouge est associée au risque de cancer colorectal lorsqu'elle est consommée en grande quantité, contrairement au poisson et à la viande blanche. Le fer héminique, présent en grande quantité dans la viande rouge, est suspecté de jouer un rôle important dans cette association, via son action pro-oxydante sur d'autres composés du régime. Par ailleurs, ce fer héminique peut modifier la composition du microbiote intestinal. En collaboration avec des équipes italiennes et néerlandaises, des chercheurs d'INRAE ont étudié l'effet de différents régimes chez des rats. Les résultats montrent qu'un régime carné provoque plus de lésions coliques qu'un régime de type pesco-végétarien et que le microbiote intestinal des animaux a été modifié par les différents régimes. Grâce à la transplantation fécale, les chercheurs ont pu mettre en évidence que l'effet du régime carné sur la cancérogénèse colique était médié au moins en partie par le microbiote intestinal. Cette étude est la première à montrer que le risque de cancer colorectal associé à un régime carné peut être transmis par le microbiote intestinal. Elle ouvre de nouvelles pistes pour prévenir le cancer colorectal chez les personnes à haut risque.

Microbiome

doi.org/10.1186/s40168-024-01900-2



La chrononutrition pour prévenir les altérations de mémoire chez l'adolescent

ENTRETIEN AVEC

Marie-Pierre Moisan

UMR Nutrition
et neurobiologie intégrée

Une mauvaise alimentation peut-elle affecter la mémoire ?

À quel stade du développement ?

L'effet délétère sur la mémoire d'un régime dit occidental, riche en graisses saturées et en sucre, est multifactoriel et entraîne des modifications de structure et de fonctionnement du cerveau qui vont impacter le processus de mémoire. Il existe plusieurs périodes de vulnérabilité. La période périnatale est cruciale, l'obésité de la mère est associée à des problèmes de mémoire chez les enfants. Des études chez le rongeur de laboratoire ont démontré que c'est le régime obésogène, plus que l'obésité en elle-même, qui a un effet néfaste sur la cognition des descendants. L'enfance

est également une période de grande vulnérabilité car le cerveau connaît une croissance et une maturation rapide. Une consommation élevée de graisses saturées chez les enfants est associée à une réduction des performances de mémoire, indépendamment de l'indice de masse corporelle. De même la consommation d'un régime occidental pendant la préadolescence conduit à des performances cognitives diminuées chez l'adolescent. Chez l'animal juvénile et adolescent, cette alimentation impacte en particulier l'hippocampe, une région du cerveau impliquée dans l'apprentissage et la mémoire.

Peut-on restaurer une mémoire altérée et quels sont les mécanismes physiologiques en jeu ?

Les effets à long terme d'une alimentation obésogène sur la mémoire et leur réversibilité dépendent de la composition du régime, de l'âge et de la durée d'exposition à cette alimentation. Nos études, chez le rongeur, ont rapporté que l'exposition dès la gestation à un régime pauvre en oméga 3 (tel le régime occidental) provoque des altérations de la mémoire chez les descendants dès le plus jeune âge, et que ceci persiste à l'âge adulte. Cependant, la restauration des taux d'oméga 3 dans le cerveau par des approches nutritionnelles protège des effets délétères de la carence maternelle. Chez le rongeur juvénile, l'exposition à un régime obésogène de l'enfance jusqu'à l'âge adulte (3 mois) conduit à des altérations du fonctionnement de l'hippocampe et des performances de mémoire qui peuvent être restaurées après 3 mois d'un retour à une alimentation équilibrée. Nous avons montré récemment, sur ce

même modèle rongeur d'obésité juvénile, qu'une intervention nutritionnelle basée sur la temporalité de la prise alimentaire en respectant les rythmes circadiens (chrononutrition) permettait de prévenir une partie des déficits de mémoire induits par le régime obésogène. De plus, notre étude révèle que les déficits de mémoire de ces souris, et leur restauration par 4 semaines de chrononutrition, sont associés à une dérégulation des hormones thyroïdiennes affectant la neurotransmission dans l'hippocampe.

Quelles sont les perspectives de vos recherches en matière de santé publique ?

Nous poursuivons actuellement une recherche clinique visant à étudier chez l'adolescent en situation d'obésité l'importance de la désynchronisation de leur repas avec les rythmes circadiens ainsi que l'effet de 4 semaines de chrononutrition sur leurs performances de mémoire dans une clinique de rééducation nutritionnelle. Si cette intervention nutritionnelle s'avère efficace, nous pourrions recommander la chrononutrition comme nouvelle stratégie pour prévenir ou atténuer les effets délétères d'une alimentation obésogène sur la mémoire.

Molecular Metabolism
doi.org/10.1016/j.molmet.2024.102061



Une consommation élevée de graisses saturées chez les enfants est associée à une réduction des performances de mémoire, indépendamment de l'indice de masse corporelle.



III ▶ Des leviers d'action

Davantage de plats végétariens au menu : une expérience réussie en restauration universitaire

Depuis le 1^{er} janvier 2023, la loi Egalim impose aux établissements publics de proposer une option végétarienne tous les jours. Dans ce cadre, les Crous visent un taux de prise de 30 % de repas végétariens en 2025. Un des freins essentiels à surmonter pour atteindre cet objectif est l'acceptabilité d'une telle mesure par les étudiants. Afin de tester en conditions réelles le comportement des étudiants dans un contexte d'augmentation de l'offre végétarienne, un partenariat entre INRAE et le Crous Bourgogne-Franche-Comté a permis d'expérimenter le doublement de l'offre de plats végétariens au sein d'un restaurant universitaire où plus de 2 000 repas sont servis tous les midis. Les résultats montrent qu'une diversification vers plus de plats végétariens est possible sans diminuer la satisfaction des étudiants. Ces travaux apportent également un éclairage sur les freins à lever et l'importance du maintien de la qualité nutritionnelle et des coûts de production afin d'installer durablement cette offre diversifiée dans la restauration universitaire.

International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity
doi.org/10.1186/s12966-024-01624-4



BRÈVES

INRAE et Lallemand Animal Nutrition lancent le LabCom Biofilm1Health

L'Institut Micalis d'INRAE et Lallemand Animal Nutrition, un leader dans la nutrition animale, ont créé un laboratoire commun avec le soutien de l'Agence nationale de la recherche (ANR). Ce LabCom Biofilm1Health est dédié à l'étude des propriétés des biofilms bénéfiques constitués de communautés microbiennes complexes. Il vise à faire progresser le concept « une seule santé », une approche holistique intégrant la santé humaine, animale et environnementale.

INRAE et la Fédération française des banques alimentaires partenaires face au défi de la précarité alimentaire

INRAE et la Fédération française des banques alimentaires (FFBA) ont signé leur première convention de partenariat au service de la lutte contre la précarité alimentaire, qui touche près de 2,6 millions de personnes en France. Cette collaboration, fondée sur l'expertise scientifique d'INRAE et l'engagement social de la FFBA, vise à développer sur les 3 prochaines années des solutions innovantes pour répondre aux besoins des populations les plus vulnérables.



Repas végétarien d'un des restaurants universitaires du Crous de Bourgogne-Franche-Comté.
©Crous-BFC

Pollutions, contaminants et exposome

Impact de la pollution chimique sur les poissons migrateurs dans la Garonne et la Dordogne

La pollution de l'eau est l'un des principaux facteurs de déclin de la biodiversité aquatique. Des méthodes d'évaluation des risques écologiques ont été mises au point pour étudier les effets des contraintes existantes sur l'environnement, y compris les effets toxiques des produits chimiques. L'une des approches existantes pour quantifier les risques toxiques, appelée fraction d'espèces potentiellement affectées, estime la perte potentielle d'espèces au sein d'un groupe d'espèces étudié. Les chercheurs ont adapté cette méthode afin de quantifier les effets toxiques sur les premiers stades de la vie des poissons migrateurs menacés d'extinction, l'alose feinte et l'esturgeon européen dans les rivières Garonne et Dordogne. Les données de suivi de la pollution environnementale entre 2007 et 2022 et de la toxicité des polluants ont révélé que des risques toxiques potentiels d'intensité moyenne étaient présents. Ces risques ont été principalement associés aux métaux, aux autres polluants industriels, aux produits d'hygiène et de soins et aux produits phytosanitaires. Cette étude met en évidence l'implication probable de la contamination de l'eau dans le déclin, le devenir et la restauration des populations de poissons diadromes dans ces rivières majeures.

Science of The Total Environment

doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172748

Le génome de la grande limnée révèle une expansion de récepteurs des composés chimiques

Depuis près d'un siècle, la grande limnée des étangs, *Lymnaea stagnalis*, est un organisme modèle étudié dans diverses disciplines scientifiques. Ce mollusque aquatique sert également d'outil d'évaluation réglementaire des effets de la pollution dans les milieux aquatiques. Afin de renforcer son utilisation et d'étayer de nouvelles questions de recherche, le génome de cette espèce a été séquencé, assemblé et annoté par un consortium international piloté par INRAE et le Génoscope. Ce travail a permis de mettre en évidence l'expansion évolutive d'une famille particulière de récepteurs transmembranaires et suggère un lien causal avec l'évolution de l'hermaphroditisme simultané chez les mollusques gastéropodes. L'identification de ces récepteurs chez la grande limnée est critique pour la compréhension des interactions chimiques entretenues par ces organismes avec leur environnement biotique et abiotique, et sera précieux pour le développement futur d'outils écotoxicologiques.

Scientific Reports

doi.org/10.1038/s41598-024-78520-1



Lymnaea stagnalis.
©Creative Commons



La consommation de certains additifs alimentaires émulsifiants serait associée à un risque accru de cancers et de diabète de type 2

Les émulsifiants sont parmi les additifs les plus fréquemment utilisés par l'industrie agroalimentaire. Leur usage vise à améliorer la texture des produits tout en prolongeant leur durée de conservation. Un consortium de chercheurs d'INRAE, de l'Inserm, de l'université Sorbonne Paris Nord, de l'université Paris Cité et du Cnam a étudié les possibles liens entre les apports alimentaires en additifs émulsifiants et la santé. Ils ont analysé les données de santé de 100 000 adultes participant à l'étude de cohorte française NutriNet-Santé, en évaluant spécifiquement leur consommation de ce type d'additifs alimentaires. Les résultats suggèrent une association entre l'ingestion de certains additifs émulsifiants et un risque accru de cancers, en particulier du sein et de la prostate. Ils suggèrent également une association entre l'ingestion chronique de certains additifs émulsifiants et un risque accru de diabète. Cette étude observationnelle ne suffit toutefois pas, à elle seule, à établir de lien de cause à effet. Néanmoins, l'échantillon de l'étude était de grande ampleur et les auteurs ont pu tenir compte d'un large éventail de facteurs potentiellement perturbateurs. Ces résultats apportent des connaissances clés au débat sur la réévaluation de la réglementation relative à l'utilisation des additifs dans l'industrie alimentaire, afin de mieux protéger les consommateurs.

PLOS Medicine

doi.org/10.1371/journal.pmed.1004338

Lancet Diabetes & Endocrinology

[doi.org/10.1016/S2213-8587\(24\)00086-X](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(24)00086-X)



Des recherches aux solutions

Un capteur pour suivre les composés carbonylés générés par l'oxydation des lipides

Produits par l'oxydation des lipides, les composés carbonylés sont des traceurs de qualité fournissant des informations sur la dégradation des produits alimentaires. Ils peuvent également être utilisés comme biomarqueurs lors de diagnostics médicaux ou encore permettre d'évaluer le niveau de pollution de l'air et de l'eau. Un nouveau capteur fluorescent a été mis au point pour détecter rapidement et facilement ces composés en temps réel. Ce capteur est basé sur un matériau à base de silice, non toxique et poreux, synthétisé par solution-gélification selon les principes de la chimie verte. Il permet de détecter en moins d'1 minute des composés carbonylés dans une large gamme de concentrations (de très faible à très élevée) de ces composés. La performance du capteur breveté a été testée avec succès dans des milieux simulés et des milieux réels tels que les huiles alimentaires, prouvant son potentiel d'application dans de nombreux domaines tels que l'agroalimentaire, l'environnement ou la médecine.

Talanta

doi.org/10.1016/j.talanta.2024.126569

Pister le furane et ses dérivés dans les aliments infantiles

Généré par traitements thermiques lors de l'élaboration des aliments infantiles, le furane a été repéré par les autorités sanitaires européennes en raison du risque significatif qu'il présente pour la santé des enfants de moins de 3 ans du fait de sa possible cancérogénéité. Cependant, ce risque est aujourd'hui difficile à évaluer car il n'existe pas de méthode robuste et fiable pour déterminer les teneurs en furane dans les aliments. Pour répondre à ce défi, une méthode robuste et fiable pour quantifier dans les aliments infantiles le furane et 2 de ses principaux dérivés, également à risque, a été développée et validée dans le cadre du projet européen SAFFI coordonné par INRAE. En 2022, la Commission européenne demandait aux États membres d'identifier d'éventuels autres dérivés furaniques néoformés dans les produits infantiles afin d'en évaluer le risque pour la santé des jeunes enfants. En couplant spectrométrie de masse haute résolution avec un algorithme bioinformatique de recherche de composés



Alimentation infantile (illustration).
©AdobeStock

« suspects », les chercheurs d'INRAE ont identifié 11 autres composés furaniques. Cette étude confirme la nécessité de surveiller les toxines issues des processus de transformation dans les aliments pour bébés et montre également qu'il est crucial de mieux comprendre les mécanismes de formation du furane et de ses dérivés dans ces aliments.

Food Research International

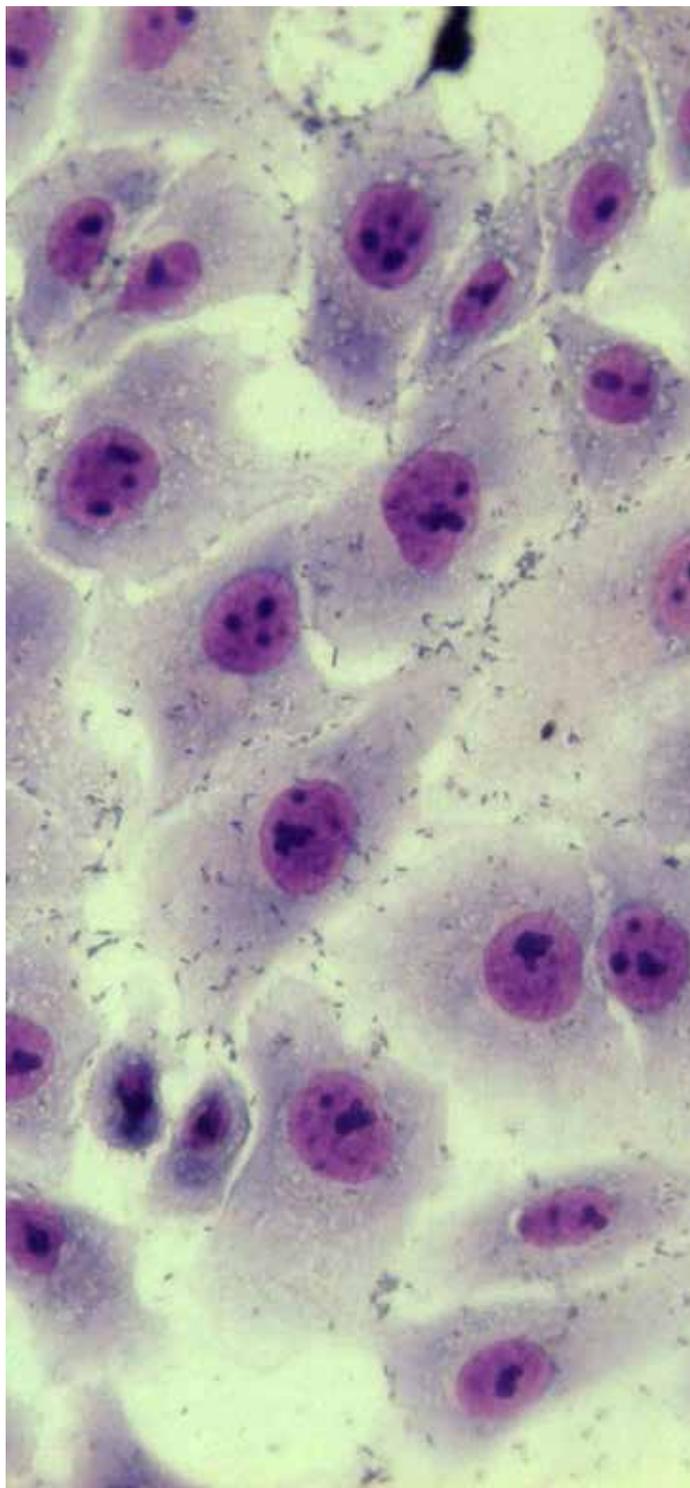
doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114614

Détection spécifique des formes dormantes de la listeria

Listeria monocytogenes est une bactérie ubiquitaire qui provoque la listériose, une maladie grave d'origine alimentaire. Face à des stress rencontrés dans son environnement, par exemple en présence de détergents ou dans l'eau dépourvue de nutriments, cette bactérie peut entrer dans un état de dormance qui lui permet de survivre dans ces conditions défavorables. Elle devient alors indétectable par les tests utilisés dans l'industrie agroalimentaire et les hôpitaux et représente donc un risque sanitaire majeur. Des scientifiques d'INRAE, en collaboration avec l'Institut Pasteur, ont découvert qu'au cours de la transition vers l'état dormant, la bactérie perd sa forme initiale de bâtonnet pour devenir ronde. Cette transformation radicale est due à la perte de sa paroi cellulaire. Malgré cette absence de paroi, les formes dormantes de la bactérie sont très résistantes et s'adaptent aux déséquilibres physico-chimiques en modifiant leur membrane et en produisant des protéines spécifiques. Les chercheurs ont développé un outil de détection spécifique de ces formes dormantes basé sur des anticorps capables de détecter spécifiquement les bactéries *L. monocytogenes* en état de dormance. Ces découvertes éclairent de façon nouvelle les mécanismes de dormance chez les bactéries et ouvrent des perspectives pour la gestion du risque sanitaire par ces agents pathogènes.

Nature Communications

doi.org/10.1038/s41467-024-52633-7



Lignée entérocytaire infectée par
Listeria monocytogenes.
©INRAE - C.Velge



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



Site de recherche et d'expérimentation sur les technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes à Montoldre.
©INRAE - C. Maître

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, du suivi de la biodiversité, de la santé et du bien-être animal ou de la robotique agricole.



Modélisation et systèmes complexes



Modélisation des réponses des cellules végétales aux changements environnementaux

Le changement climatique, la nécessité de réduire l'utilisation de produits chimiques dans l'agriculture, d'accroître la biodiversité et de modifier les méthodes de culture sont autant de défis pour les agronomes. Pour les atteindre, ils ont besoin de modèles de plantes capables de prédire les réponses à ces nouvelles conditions. Cependant, la compréhension et la prédiction de la réponse des cellules végétales à des conditions environnementales complexes sont des défis majeurs en biologie végétale. Les scientifiques d'INRAE et d'AgroParisTech ont conçu un modèle centré sur des cellules des feuilles de la plante *Arabidopsis*. En développant une méthode de modélisation appelée Resource Balance Analysis, ils ont pu prédire comment les ressources telles que par exemple l'azote et le carbone, sont réparties à l'intérieur de la cellule. Ce modèle prend en compte différents aspects de la cellule, y compris son réseau métabolique et les processus essentiels pour sa croissance et sa survie. Il établit

des liens clairs entre la génétique (génotype) et les caractéristiques observables (phénotype) de la cellule. Les résultats montrent que ce modèle est très efficace pour prédire le comportement des cellules dans des conditions environnementales changeantes, comme la température, la lumière, et les niveaux de gaz comme le CO₂ et l'O₂. Ce modèle pourrait grandement améliorer notre capacité à anticiper comment les cellules végétales vont se comporter face à des stress environnementaux variés et complexes, en tenant compte de différents génotypes.

Metabolic Engineering
doi.org/10.1016/j.jymben.2024.03.009

Plants d'*Arabidopsis Thaliana*,
Institut Jean-Pierre Bourgin.
©INRAE - O. Loudet

>

Une approche mathématique mécaniste pour modéliser les interactions hôte-microbiote dans l'intestin humain

La santé et le bien-être sont profondément influencés par les interactions des individus avec leur microbiote intestinal. Les conditions environnementales, telles que des maladies ou des habitudes alimentaires, jouent un rôle important dans la modulation de ces interactions. Ces conditions peuvent également conduire à des transitions d'une symbiose bénéfique à une symbiose néfaste. Une approche mathématique mécaniste a permis de modéliser les interactions hôte-microbiote. Le modèle représente les dynamiques des cryptes coliques, les flux dans une section du colon, les fonctions métaboliques microbiennes, et les réponses immunitaires innées. Il permet d'établir l'impact des apports alimentaires sur les biomarqueurs de symbiose intestinale et de modéliser les transitions entre des états bénéfiques et néfastes. L'étude met en lumière comment un régime riche en fibres favorise une résilience symbiotique, tandis qu'un régime pauvre en fibres et riche en protéines exacerbe les déséquilibres. Ce modèle apporte une avancée significative en explorant, à travers une base mécanistique, les facteurs critiques qui influencent la santé intestinale et en posant un premier jalon dans la construction d'un jumeau numérique du colon.

Journal of the Royal Society Interface

doi.org/10.1098/rsif.2023.0756

Une nouvelle méthode de modélisation pour prédire plus précisément le changement climatique

Pour étudier, évaluer et anticiper le changement climatique, de nombreux modèles climatiques globaux ont été conçus, chacun modélisant le système terrestre de manière différente. Les « méthodes d'ensemble » considèrent tous les modèles à la fois et les résument à l'aide de statistiques multimodèles, comme des moyennes ou des médianes, éventuellement pondérées, et permettent d'obtenir des simulations plus robustes. En collaboration avec l'université de Lausanne, INRAE propose une nouvelle méthode d'ensemble probabiliste appelée alpha pooling, qui optimise l'agrégation des fonctions de répartition des variables climatiques et permet de corriger les simulations climatiques. Son utilisation sur la température et les précipitations en Europe occidentale montre que cette nouvelle approche est plus performante que celles disponibles actuellement.

Earth System Dynamics

doi.org/10.5194/esd-15-735-2024

Image d'illustration de modèle informatique.

©INRAE - B. Nicolas





Des leviers d'action

La science des données au service de la santé des bovins : révélation d'anomalies génétiques jusqu'alors invisibles

L'élevage bovin français est confronté à un défi majeur : la gestion de la consanguinité et son corollaire, l'apparition d'anomalies génétiques récessives affectant la santé et la durabilité des troupeaux quand elles sont à l'état homozygote. INRAE, en partenariat avec l'Institut de l'élevage (IDELE), ELIANCE, les 4 écoles vétérinaires françaises (ENVF) et les principaux organismes et entreprises de sélection français, a mis au point une nouvelle méthode pour détecter ces anomalies et les contre-sélectionner. Cette méthode, basée sur l'analyse des données génomiques et des parcours de vie de mil-

lions de bovins, la méthode appelée HHED (Homozygous Haplotype Enrichment/Depletion) a permis de détecter 33 nouvelles régions du génome associées à une augmentation du risque de mort juvénile et/ou une réduction de la vie productive des femelles homozygotes. Parmi les découvertes majeures, une mutation génétique, à l'origine du syndrome BLIRD, a été identifiée chez la race Holstein. Ce syndrome, non détecté pendant plus de 40 ans, provoque des retards de croissance et affecte l'immunité intestinale. Dans son ensemble, ces avancées offrent des perspectives prometteuses pour améliorer la santé et la durabilité des élevages bovins.

[Genome Biology
doi.org/10.1186/s13059-024-03384-7](https://doi.org/10.1186/s13059-024-03384-7)

^
Veau de race Holstein (illustration).
©INRAE - B. Nicolas

Capteurs et robots agricoles au service de l'agriculture et de l'environnement

Suivi de la biodiversité : une caméra embarquée pour capter l'insaisissable

Pour protéger et gérer la biodiversité, il est nécessaire de l'inventorier et de la suivre, mais elle est souvent difficile à détecter car cachée, minuscule ou fuyante. La technologie est inestimable pour identifier les espèces et étudier leurs comportements. Les pièges photographiques classiques ne peuvent pas être utilisés pour les organismes immobiles comme les plantes, ni petits ou rapides comme les insectes, les chauves-souris ou les oiseaux. Observer n'importe quel animal ou plante, quel que soit le temps, de jour comme de nuit, est resté longtemps un rêve. Une équipe internationale menée par un chercheur INRAE a maintenant mis au point une « caméra à vision embarquée », capable d'analyser les images prises en milieu naturel en temps réel et en continu. Dans ce système, l'appareil photo est associé à des traitements algorithmiques : cela permet, contrairement aux « pièges photos », d'extraire des informations provenant des images en direct via la reconnaissance de formes, l'analyse de mouvement ou encore la détection d'objets. Ce dispositif a montré son efficacité dans de nombreux domaines d'application, de l'étude du comportement de la faune, à l'écologie du paysage en passant par l'agronomie. Ainsi les chercheurs ont découvert des chauves-souris se nourrissant de fleurs d'arbres à durian, identifié les insectes nocturnes dans les rizières et suivi la phénologie des fleurs pendant des mois. Développé en une version commerciale, une version ouverte en libre accès, imprimable en 3D continue d'être développée par le consortium international.

[Methods in Ecology and Evolution](#)
doi.org/10.1111/2041-210X.14436



➤
 La caméra à vision embarquée analyse les images prises en continu et en temps réel.
 ©M. Balle



L'apport de l'IA pour identifier les abeilles exposées aux pesticides

ENTRETIEN AVEC

Cédric Alaux

UR Abeilles
et environnement

Quelles sont les principales raisons de la mortalité des colonies d'abeilles mellifères en France ?

Les populations d'abeilles mellifères, comme celles d'abeilles sauvages, sont de plus en plus vulnérables face aux changements rapides de leur environnement. Cette fragilisation se manifeste par un affaiblissement des colonies et une hausse préoccupante de leur mortalité. Parmi les principales causes figure l'émergence de nouveaux parasites et prédateurs, comme l'acarien *Varroa destructor* et le frelon asiatique, introduits en France respectivement en 1982 et 2004. La simplification des paysages agricoles, en réduisant la disponibilité des ressources florales et donc alimentaires, contribue également à la fragilisation des populations d'abeilles. Enfin, l'usage de pesticides, bien que destinés à protéger les cultures, a très souvent des effets indésirables sur les abeilles. Ces différentes menaces ont tendance à être amplifiées par le changement climatique.

Quel est l'impact des pesticides et comment le mesure-t-on ?

L'évaluation du risque présenté par les pesticides nécessite d'identifier à la fois les niveaux d'exposition et les effets induits par ces substances. Lorsque ces substances sont retrouvées à des concentrations élevées dans l'environnement, certaines peuvent directement causer une augmentation de la mortalité au sein de la population exposée. Cependant, les niveaux d'exposition auxquels les abeilles sont soumises sont généralement assez faibles et plutôt associés à

des effets sublétaux, comme un déclin des performances comportementales et de reproduction. Une diminution des capacités comportementales, comme les capacités de vol et d'orientation, peut toutefois affecter la survie des abeilles. Ces effets peuvent être mesurés en laboratoire, en conditions semi-contrôlées, sous tunnels, ou en conditions naturelles afin d'avoir une extrapolation plus concrète des effets sur les populations d'abeilles.

L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) peut-elle permettre d'améliorer l'évaluation des risques liés à l'exposition des abeilles aux pesticides neurotoxiques ?

La quantification, sur le terrain, des effets indésirables des pesticides repose principalement sur des mesures assez approximatives et/ou de courtes durées. Cette forte incertitude dans la méthodologie des tests actuels a contribué à fragiliser l'évaluation des risques liés aux pesticides. Dans ce contexte, les outils d'IA commencent à démontrer toute leur pertinence, notamment à travers le développement de nouveaux outils pour améliorer la surveillance des colonies. C'est le cas des compteurs d'abeilles permettant la détection et quantification des entrées et sorties de la ruche, et donc de calculer les taux de mortalité quotidiens. Comme nous l'avons démontré, l'IA s'est également révélée performante pour observer les effets de pesticides à travers l'analyse des performances comportementales des abeilles. Ceci a été réalisé



L'IA s'est révélée performante pour observer les effets de pesticides à travers l'analyse des performances comportementales des abeilles.



sur des données d'activités de vol obtenues à partir de compteurs d'abeilles. L'IA pourrait aussi à l'avenir contribuer à l'analyse de données de terrain pour estimer la probabilité d'exposition à certains pesticides selon l'usage agricole, mais aussi à une meilleure compréhension des interactions entre pesticides et autres facteurs de stress. L'objectif final est d'améliorer et d'optimiser les protocoles d'évaluation des risques liés aux pesticides en offrant une approche plus intégrée, rapide et prédictive.

Ecological Informatics
doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102653

RS Des recherches aux solutions

Un outil combinant l'IA et l'analyse d'images pour le phénotypage animal : MoSBReal

Observer les différentes postures de l'animal peut servir à calculer des indicateurs de santé. MoSBReal est un dispositif automatisé de surveillance du comportement des truies en cas de mise bas. Basé sur l'analyse d'images et l'intelligence artificielle, il permet de suivre et d'enregistrer des caractères comportementaux pour les inclure dans les schémas de sélection porcins. Ce dispositif, développé par INRAE en partenariat avec l'IFIP et Alliance R&D, a été récompensé par un prix Innov'Space.

O-AMIE : L'écoconception des pratiques agricoles et l'évaluation de leurs impacts environnementaux

O-AMIE (Outil d'Analyse et de Gestion des Impacts Environnementaux), un outil combinant l'ingénierie systèmes et l'analyse du cycle de vie, a été développé dans le cadre du laboratoire partenariat associé I-Smart entre INRAE et Sherpa Engineering. Il permet d'évaluer les impacts environnementaux d'opérations culturales et d'itinéraires techniques agricoles impliquant différents types d'agroéquipements tels que tracteur, robot, matériel agricole.

Computers and Electronics in Agriculture
doi.org/10.1016/j.compag.2024.109558



BRÈVES

**Objets connectés : un laboratoire commun entre la recherche publique et la société Linxens**

Le laboratoire Internet des Objets Appliqué à l'Environnement (IoTAE-Lab), inauguré le 26 juin 2024, se positionne comme un acteur clé dans le domaine des systèmes IoT durables, avec une approche axée sur le développement de solutions de mesure continue et à distance pour surveiller l'environnement. Il collabore avec l'entreprise Linxens pour développer des solutions d'instrumentation environnementale à la fois durables dans leur utilisation et responsables dans leur fabrication.

Lancement du LIA « TREASUR » : Solutions robotiques agricoles durables pour la France et le Japon

Face à des enjeux tels que le vieillissement de la main-d'œuvre agricole, le besoin d'augmenter la productivité tout en réduisant l'empreinte écologique, et la sécurité alimentaire, INRAE et son homologue japonais le NARO s'unissent dans le cadre d'un laboratoire international associé (LIA) pour concevoir des solutions robotiques durables, adaptées aux défis environnementaux et agricoles que rencontrent la France et le Japon.



Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes.
Site de recherche et d'expérimentation de Montoldre.
©INRAE - C. Maître

INRAE



Science ouverte

Accélérer la diffusion des connaissances facilite la recherche et l'innovation et renforce la confiance dans la science. Pour cela, INRAE mène une politique exigeante de science ouverte, ambitionnant 100 % d'articles scientifiques librement accessibles en 2030. L'institut poursuit le développement et la promotion des infrastructures numériques qui permettent de gérer, partager, analyser les publications (HAL), les données (Recherche Data Gouv) et les connaissances. Les démarches de recherches participatives se développent en partenariat avec nos homologues de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Poursuivre la diffusion en libre accès des résultats de la recherche

82 % des 11 689 publications INRAE parues en 2023 sont en libre accès. Ce taux est supérieur à la moyenne française, qui est de 67 %. Ce fort pourcentage d'ouverture est le fruit de la politique incitative de l'institut qui promeut les bonnes pratiques de publications et les reconnaît dans l'évaluation des scientifiques depuis 2023. Les bénéfices ont été immédiats : le taux de dépôts d'articles scientifiques en libre accès dans HAL INRAE a augmenté de 58 % par rapport à la précédente campagne d'évaluation, pour laquelle cette consigne n'était pas encore donnée.

Du côté des données, INRAE gère l'entrepôt et le catalogue de la plateforme nationale Recherche Data Gouv. Fin 2024, 60 établissements bénéficient d'un entrepôt institutionnel sur Recherche Data Gouv, un très beau chiffre pour une plateforme inaugurée à l'été 2022. Le volume stocké a augmenté significativement, passant de 14 To en 2023 à 22 To en 2024.

Des jeux de données INRAE de cette plateforme ont été choisis pour alimenter un Hackathon dédié à l'intelligence artificielle générative au service de l'agriculture. Intitulé GAIA, il était organisé par La Ferme Digitale lors du Salon international de l'agriculture 2024.

82 %

des 11 689
publications INRAE
parues en 2023
sont en libre accès



©INRAE - C. Maître

L'eau à l'honneur pour la Fête de la science

La Fête de la science est le rendez-vous annuel des scientifiques passionnés d'INRAE avec le grand public. Du 4 au 14 octobre, sur une trentaine de sites, une centaine d'animations ont été proposées : ateliers, conférences, expositions, visites ludiques et courts métrages scientifiques. À Rennes, au sein du village des sciences des Champs libres, un stand INRAE a présenté la grande aventure des poissons migrateurs. À Reims, 2 ateliers ont invité les curieux à découvrir les usages insoupçonnés des végétaux et comment il est possible de les transformer en agromatériaux. À Arras, à Cité Nature, le public a été convié à un atelier « sols et protection de l'océan » et à des jeux autour du lait et de l'eau. À Clermont-Ferrand, INRAE a participé au festival Courts de science, cette année sur le thème de l'alimentation et de l'IA.

▼ Insecte pollinisateur.
©INRAE - R. Petit



Le Prix de la recherche participative récompense 2 projets originaux

Attribué par un jury issu du monde académique et de la société civile, le Prix de la recherche participative distingue des travaux de recherche collaborative entre scientifiques et non-scientifiques. Le but est de valoriser et encourager l'engagement des acteurs de la recherche dans les liens entre science et société. INRAE est chargé par le ministère en charge de la recherche d'organiser ce Prix depuis 2022. Pour la 3^e édition, 2 projets marquants ont été distingués. Dans la catégorie recueil citoyen, c'est le projet « Spipoll, le suivi photographique des insectes pollinisateurs », piloté par le MNHN, le CNRS, l'OPIE, l'OFB et l'université de Poitiers, avec la participation d'INRAE, qui est récompensé. Le projet « AirGeo : des écorces pour co-construire la connaissance sur la pollution de l'air » est lui primé dans la catégorie co-construction ; il est piloté par le CNRS, l'IRD, l'UCAD et 2 mairies au Sénégal.

L'UNCPIE renouvelle son partenariat avec INRAE

Pour la 4^e fois, INRAE et l'Union nationale des centres permanents d'initiatives pour l'environnement (UNCPIE) signent un accord pour 5 ans. Sur les thématiques de la biodiversité, du développement durable des espaces ruraux, des sols, du changement climatique et des systèmes alimentaires, les coopérations sont riches : mise à disposition de dispositifs de médiation scientifique ; participation réciproque à des événements organisés par l'un ou l'autre ; co-construction de séminaires ; élaboration conjointe de projets de sciences et recherches participatives ; réflexion croisée autour des dispositifs de co-construction territoriale à l'image des living labs. Le comité de liaison INRAE-UNCPIE sera mobilisé dans une perspective réflexive, à travers l'analyse croisée des objectifs et des bilans annuels du partenariat, afin de toujours améliorer les impacts.



FOCUS



La Charte d'ouverture à la société fête ses 15 ans

À l'occasion de ses 15 ans, les 8 signataires de la *Charte d'ouverture à la société des établissements publics de recherche, d'expertise et d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux* se sont réunis. L'Anses, le BRGM, l'Ifremer, l'Ineris, INRAE, l'IRSN, Santé publique France et l'université Gustave Eiffel ont échangé autour des perspectives et enjeux liés à la démocratie scientifique sanitaire et environnementale. Ils ont témoigné de l'impact de l'ouverture à la société sur leurs activités de recherche, d'expertise et d'évaluation et réaffirmé leur engagement en faveur d'un processus ouvert et pluraliste au service de la décision publique.





Partenariats et impacts

2024





Enseignement supérieur et politique de site

INRAE a amplifié son plan d'actions Enseignement supérieur et formation, en incitant ses chercheurs à s'impliquer davantage dans les activités de formation, et en renforçant l'accompagnement des près de 2 400 doctorants présents dans ses unités et inscrits dans 66 écoles doctorales.

L'institut a poursuivi l'ouverture de ses infrastructures de recherche aux partenaires de l'enseignement supérieur. Il a déployé en 2024 des outils de gestion convergents avec ceux des universités pour simplifier le fonctionnement des unités mixtes de recherche.

Dans le cadre de sa politique de site, l'établissement a par ailleurs soutenu des projets portés par ses partenaires académiques dans le cadre d'appels France 2030, contribuant par exemple à plusieurs propositions des Programmes de recherche en sciences humaines et sociales (AMI SHS). INRAE est impliqué dans l'un des 6 projets retenus, « FORESEE (4C)- Vivre avec les conséquences du changement climatique », porté par l'université Grenoble-Alpes, en partenariat avec les universités de Lille, Lyon 3, Bordeaux et Montpellier 3.



Politiques de site et contribution à la formation, une dynamique en marche

L'implication dans la formation des personnels INRAE est encouragée par différents leviers :

- l'intégration d'un article dédié dans tous nos accords-cadres avec les partenaires de l'enseignement supérieur,
- la délivrance du titre de professeur consultant, professeur attaché ou enseignant partenaire aux scientifiques particulièrement investis,
- et sa prise en compte dans l'évaluation individuelle et la promotion des chercheurs et des ingénieurs.

Une note de service sur le cumul d'activités clarifie et incite la participation des agents INRAE à l'enseignement. Des ponts entre recherche et formation sont également créés dans le cadre de l'Alliance des écoles agronomiques et vétérinaires (Agreenium).

Mieux connaître et mieux accompagner les doctorants

Le système d'informations (SI) Doctorat INRAE, déployé en novembre 2023, permet d'analyser la population des doctorants INRAE et leurs sujets de thèse. En janvier 2025, 2 395 doctorants, inscrits dans 66 écoles doctorales, effectuent leurs recherches dans des unités sous tutelle INRAE ; 33 % d'entre eux sont internationaux, de 104 nationalités.

Pour faciliter l'information des doctorants, l'offre de formation doctorale d'INRAE, proposée par les unités de recherche, les départements et les directions d'appui, complémentaire de celle offerte par les écoles doctorales, est désormais accessible sur une page intranet de la direction de l'Enseignement supérieur, des Sites et de l'Europe (DESSE).



INRAE poursuit l'ouverture de ses infrastructures de recherche aux partenaires de l'ESR

Les dispositifs collectifs de production, d'acquisition et de gestion des données sont indispensables aux travaux des communautés scientifiques publiques et privées. Ces dispositifs ouverts à nos partenaires de site apportent des services, des développements technologiques ou méthodologiques et contribuent à la formation et à la diffusion des données et des résultats. Il s'agit d'unités et d'installations expérimentales, de plateformes analytiques, de démonstrateurs pré-industriels et de plateformes technologiques, de réseaux d'observatoires de recherche en environnement, de réseaux de centres de ressources biologiques et d'e-infrastructures.

L'institut s'est engagé dans une dynamique de structuration de ses dispositifs collectifs de production, d'acquisition et de gestion des données, articulée avec les feuilles de route nationale et européenne des infrastructures de recherche. Pour cela, INRAE a mis en place un processus dynamique de reconnaissance interne qui vise à labelliser certains de ces dispositifs en tant qu'infrastructures scientifiques collectives (ISC). Ces ISC peuvent devenir des composantes d'infrastructures de recherche reconnues au niveau national par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, ou au niveau européen par la Commission européenne ou l'European Strategy Forum on Research Infrastructures. Fin 2024, 62 des 73 ISC INRAE contribuent à la feuille de route nationale des infrastructures de recherche en participant à une de celles-ci, dans les domaines « biologie et santé » ou « système terre et environnement ». Enfin, les trois quarts de nos ISC développent des actions de médiation ou de formations techniques.



©INRAE - B. Nicolas

INRAE, un institut engagé dans la simplification, notamment dans les UMR

En complément des conclusions issues du rapport Gillet et du rapport conduit en interne sur le ressenti de lourdeurs administratives, l'institut a mis en place une démarche participative de simplification dans les principaux domaines : RH, missions, achats, montage et gestion des contrats, gestion immobilière, qui a impliqué plus de 200 personnes de différents centres et unités. Cette démarche systémique a vocation à s'inscrire dans la durée en impliquant les réseaux métiers et les utilisateurs dans des rendez-vous réguliers et une communication permettant de mesurer les avancées et marges de progrès. Pour répondre aux attentes des UMR en matière de convergence des outils entre les tutelles ONR et universités, INRAE a déployé en 2024 plusieurs outils de gestion :

- SIFAC EPST (SI financier de l'Agence de mutualisation des universités et établissements-AMUE) utilisé par plus de 80 universités et 3 ONR, ainsi que Notilus (outil de gestion des missions utilisé par le CNRS, et en cours de déploiement à l'Inserm et dans les universités) ;
- DIALOG (outil CNRS de dialogue de gestion) ;
- SINAPS (outil AMUE de gestion des référentiels) et un outil de l'éditeur OS Concept de gestion des temps et congés, commun avec le CNRS ;
- SI Doctorat : interface unique pour les unités alimentées par des SI externes des universités (ADUM et AMETHIS).

Diverses actions sont également conduites en faveur de l'allègement des formalités administratives du quotidien (dématérialisations de nombreux formulaires, allègement des justificatifs demandés...).

FOCUS



Formation, recherche et innovation :

le 3 en 1 à Sophia Antipolis

En septembre a été inauguré le bâtiment B3E à Sophia Antipolis. Il accueille, outre des équipes de recherche de l'Institut Sophia Agrobiotech (unité mixte regroupant des scientifiques d'INRAE, du CNRS et de l'université Côte d'Azur), des formations en biocontrôle (master et licence professionnelle, en collaboration avec l'université Côte d'Azur et le lycée horticole d'Antibes) et d'anciens doctorants développant leurs start-up dans le domaine des biotechnologies. Le bâtiment B3E a été pensé pour favoriser les interactions entre les chercheurs et les acteurs du monde entrepreneurial. Les start-up Innofenso et Evolutive Agronomy, spécialisées dans le biocontrôle, ainsi que Mycophyto, travaillant sur la symbiose mycorhizienne, y bénéficient d'un accès privilégié aux infrastructures de recherche, ainsi qu'un accompagnement par les scientifiques. Ce modèle de collaboration constitue un atout majeur pour le transfert des découvertes scientifiques vers des applications pratiques en santé des plantes et en préservation de l'environnement.



Europe

À mi-parcours du programme Horizon Europe, 2024 a été une année charnière. De nouveaux instruments ont été mis en œuvre, tels que les partenariats européens, alors que le futur programme de R&I (10^e PCRI) était déjà en réflexion. INRAE a donné une nouvelle impulsion à sa politique européenne en mettant en avant deux priorités : renforcer son dispositif d'incitation auprès des chercheurs pour un engagement européen plus intense et redynamiser sa stratégie multi- et bilatérale avec ses principaux partenaires.

82

INRAE Transfert : un soutien stratégique pour la réussite des projets européens

L'institut a développé depuis de nombreuses années une politique active pour inciter les chercheurs à monter des projets européens, adossée à une politique d'accompagnement au montage et à la gestion reposant principalement sur sa filiale INRAE Transfert. INRAE consolide l'efficacité du dispositif en renforçant la complémentarité entre les expertises internes présentes dans les directions et services d'INRAE et l'expertise du département Europe d'INRAE Transfert. Une attention particulière est portée à l'accompagnement des personnels d'appui de proximité (unités et centres) dans leur rôle essentiel à la réussite des projets.

Cet investissement conséquent en termes d'accompagnement porte ses fruits. Il permet de garantir une expérience positive des projets européens, et donc de créer un effet démultiplicateur d'incitation à aller à l'Europe, ainsi qu'un facteur de succès. Ainsi le taux de succès en 2023 sur le pilier 2 s'élève-t-il à 60 % pour les projets coordonnés par INRAE (6 projets sur 10 financés).

Parallèlement, le plan d'action ERC de l'institut se renforce chaque année. En plus de l'appui apporté par INRAE Transfert sur la construction des dossiers ERC, il inclut depuis 2024 un soutien pour la préparation à l'audition, étape critique pour décrocher une bourse. Les dernières bourses Starting Grant (Foteini Paschalidou, projet PANOPLY mobilisant l'écologie chimique pour repousser les ravageurs) et Consolidator Grant (Arnaud Sentis, projet ClimateCountDown pour évaluer les limites thermiques de la vie des lacs) obtenues en 2024 sont 2 exemples de succès rencontrés grâce à cet accompagnement. Des formations spécialisées sont désormais également proposées aux candidats pour la rédaction de propositions compétitives ERC (pilote en 2024 reconduit en 2025 suite aux très bons retours des 14 candidats qui en ont bénéficié). Un accompagnement par INRAE Transfert au montage des projets de bourses Synergy (ERC collaboratif) a aussi été mis en place depuis 2024 pour mieux accompagner les chercheurs sur cet instrument (5 dépôts prévus en 2025, dont 2 accompagnés par INRAE Transfert, contre un total de 5 dépôts entre 2021 et 2024).

Dispositif expérimental du projet
ClimateCountDown.
©INRAE - A. Sentis

- ▼ Symptômes de la flavescence dorée sur la vigne, projet PANOPLY.
©INRAE - J. Larrue



INRAE acteur clé des recherches d'excellence et de l'innovation au sein d'Horizon Europe

217

projets
soumis

Depuis le début d'Horizon Europe, le pilier 2 « Problématiques mondiales et compétitivité industrielle européenne » reste le cœur de l'engagement d'INRAE, notamment au sein du cluster 6 (thématique « Alimentation, bioéconomie, ressources naturelles, agriculture et environnement »). En 2024, le nombre de dépôts de projets Horizon Europe a augmenté : 217 projets ont été soumis. Parmi eux, 27 demandes de bourses d'excellence ERC, 10 pour les infrastructures de recherche et 11 pour les EIC Pathfinder (projets de recherche exploratoire visant à conduire à des innovations de rupture). Une trentaine de projets a été remportée par INRAE. Soulignons le succès de 2 bourses ERC : une Starting Grant et une Consolidator Grant. Par ailleurs, 4 projets coordonnés par INRAE ont été acceptés dans le cadre du cluster 6.

FOCUS



IBISBA, infrastructure de recherche de référence pour les biotechnologies européennes

Le projet Horizon Europe IBISBA-DIALS, remporté en coordination INRAE, a démarré en janvier 2024 (appel Horizon Europe de 2023 ; projet financé à hauteur de 1,5 million d'euros dont 534 930 € pour INRAE). En soutien d'IBISBA EU présente depuis 2018 sur la feuille de route européenne pour les infrastructures, ce nouveau projet vise à établir un consortium pour une infrastructure européenne de recherche dans le domaine des biotechnologies industrielles pour favoriser la bio-fabrication intelligente et l'innovation responsable. Sous l'égide du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et piloté par INRAE, aux côtés d'Aix-Marseille université, du CEA, du CNRS, d'INSA Toulouse et de Nantes université, l'objectif d'IBISBA est d'accélérer la montée en puissance du secteur des biotechnologies européennes pour soutenir la transition vers une bioéconomie circulaire au niveau mondial. IBISBA est devenue aujourd'hui une infrastructure de référence au plan européen.

INRAE porte la voix de la recherche à Bruxelles lors des Agri-Food Days

INRAE a contribué à la 2^e édition des EU Agri-Food Days, événement politique de haut niveau organisé par la Commission européenne à Bruxelles les 10 et 11 décembre 2024 pour animer le dialogue stratégique pour l'agriculture européenne. Invité en tant que représentant d'INRAE, Thierry Caquet a porté la voix des acteurs de la recherche lors du débat « La quadrature du cercle : recherche et innovation pour une agriculture compétitive, durable et résiliente », avec des représentants de la Commission européenne, de programmes européens et de parties prenantes. Des exemples de solutions innovantes générées par des projets de recherche et innovation financés par Horizon Europe ont été mis en avant et discutés.





Deux accords signés avec des homologues espagnols et danois

• **Le 17 décembre, INRAE et la Faculté des sciences techniques de l'université d'Aarhus (Danemark)** ont conclu un accord bilatéral pour une durée de 5 ans. Ce partenaire est stratégique pour INRAE : plus d'une vingtaine de projets communs INRAE-Aarhus ont été lancés depuis le début d'Horizon Europe ; plus de 300 co-publications sont parues sur la période 2017-2022. Les domaines de coopérations identifiés entre Aarhus et INRAE sont larges : sciences agricoles, sciences animales et vétérinaires, sciences alimentaires, sciences végétales, sciences biologiques, sciences de l'environnement, sciences sociales, sciences de la consommation, agroécologie, compétences en matière de données, sélection et génétique. Une alliance tripartite entre la faculté des sciences techniques de l'université d'Aarhus, WUR (Wageningen University & Research, Pays-Bas) et INRAE est en cours de développement.



La présidente du Conseil national espagnol de la recherche (CSIC) et le PDG d'INRAE suite à la signature de l'accord de collaboration.
©INRAE

• **À Madrid, le 18 avril, la présidente du CSIC et le PDG d'INRAE** ont signé un accord de collaboration. L'accord vise à renforcer et à structurer le partenariat scientifique entre les deux instituts en mettant l'accent sur des thématiques hautement prioritaires telles que l'adaptation au changement climatique en Méditerranée, les systèmes alimentaires durables, la bioéconomie et l'économie circulaire, ainsi que les ressources génétiques. Le CSIC est le 1^{er} partenaire d'INRAE en termes de co-publications internationales, et son 2^e partenaire dans les projets européens.



International

INRAE poursuit une politique internationale ambitieuse grâce à des coopérations scientifiques bilatérales ou multilatérales, des initiatives de grande envergure et des mobilités internationales. Dans un contexte de crises multiples amplifiant les défis globaux en matière d'alimentation, d'agriculture et d'environnement, l'activité internationale de l'institut a été intense pour INRAE en 2024 : 14 nouveaux accords-cadres signés ou confirmés, 7 nouveaux instruments de coopération internationale, portant à plus de 40 le nombre d'instruments coordonnés par l'établissement. L'initiative mondiale One Water Vision pour une meilleure gestion des ressources en eau s'est ajoutée aux 5 initiatives de recherche internationales en pleine croissance.

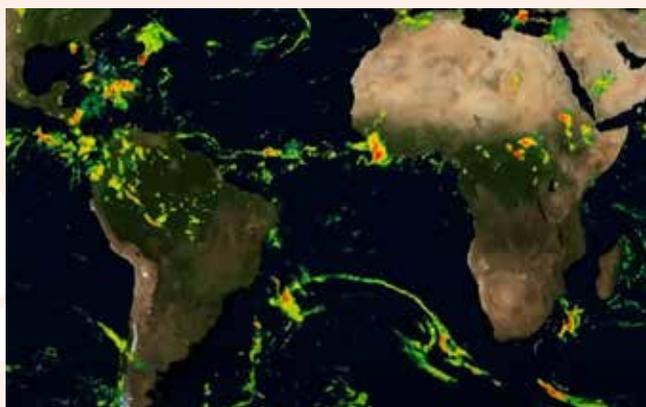
La dynamique partenariale avec les acteurs de la recherche agricole et alimentaire en Afrique s'est poursuivie et amplifiée avec la 3^e année de l'initiative TSARA. L'institut a également positionné des scientifiques de haut niveau dans plusieurs processus internationaux, en particulier onusiens : FAO, groupe d'experts de haut niveau (GEHN) du Comité de la sécurité alimentaire mondiale, Coalition mondiale pour la transformation des systèmes alimentaires par l'agroécologie et Coalition mondiale pour l'alimentation scolaire.



INRAE coordonne une nouvelle initiative mondiale : One Water Vision

L'initiative One Water Vision a été lancée lors du One Water Summit, en Arabie Saoudite, le 3 décembre 2024, pour accélérer le développement et la fourniture de services de pilotage des ressources en eau grâce à l'observation satellitaire. Sur le même modèle que One Forest Vision lancé en 2023, elle réunit un consortium scientifique international, l'Organisation météorologique mondiale et le Réseau international des organismes de bassins. One Water Vision est né de la mobilisation des institutions françaises BRGM, Cirad, CNES, CNRS, INRAE et IRD. Sous la coordination d'INRAE, en étroite collaboration avec le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, One Water Vision réunit une vingtaine d'institutions scientifiques internationales (agences spatiales, organismes de recherche et universités). Ses travaux combineront la télédétection, la vérification sur

le terrain et la modélisation avancée pour fournir des services aux utilisateurs locaux, aux autorités de gestion de l'eau, aux agriculteurs et autres gestionnaires des terres. INRAE assurera le secrétariat de ce consortium et interagira avec les partenaires pour mettre en place la gouvernance et élaborer conjointement le programme de travail.



INRAE coopère avec les scientifiques des 5 continents

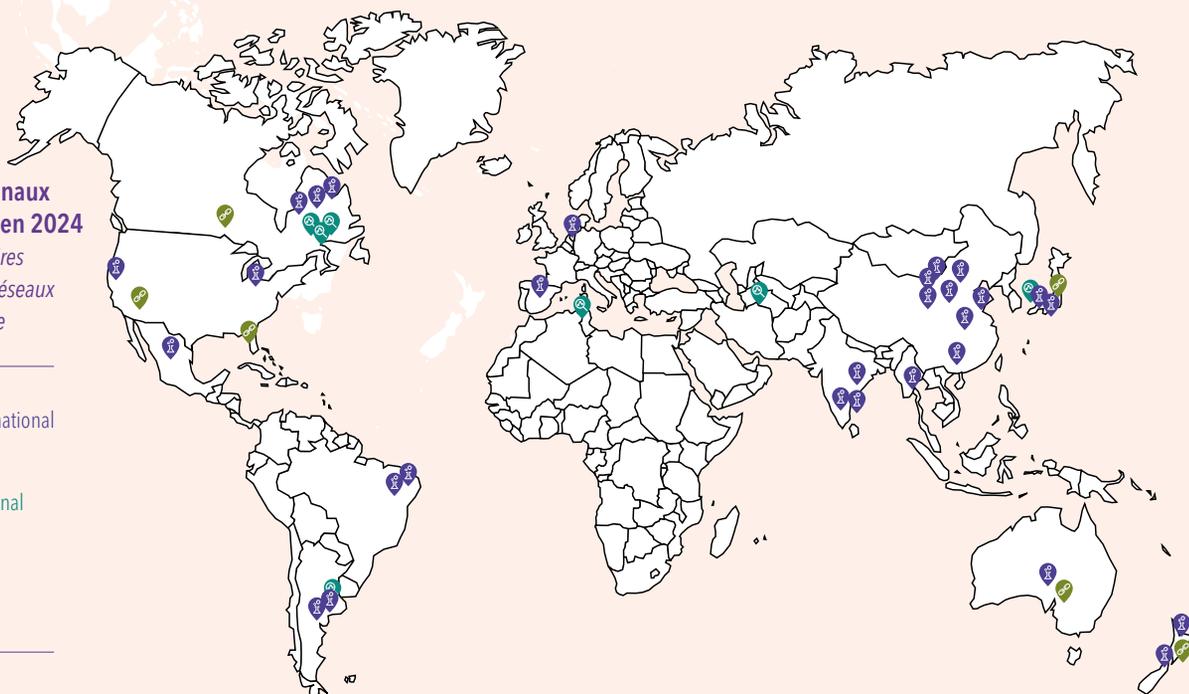
Plus de 40 instruments de coopération internationale de type laboratoire international associé (LIA), réseau de recherche international (2RI) et programme de mobilités croisées Joint Linkage Calls (JLC)

sont instruits et coordonnés par INRAE. Les équipes de l'institut sont également impliquées dans de nombreux instruments internationaux de nos partenaires de recherche français.

Instruments internationaux coordonnés par INRAE en 2024

joint linkage calls, laboratoires internationaux associés et réseaux internationaux de recherche

- 30**  Laboratoire international associé (LIA)
- 6**  Réseau international de recherche
- 6**  Joint linkage call



5 grandes initiatives internationales à fort impact

INRAE est force de proposition au travers de sa stratégie des programmes prioritaires internationaux (PPI). Il s'agit d'incuber, lancer et ensuite porter des initiatives de recherche internationales de grande envergure sur des thématiques prioritaires, de structurer durablement des réseaux de partenariats internationaux et d'élaborer des agendas de recherche partagés au niveau mondial.

Pour ce faire, la direction de l'établissement missionne un chercheur ou une chercheuse pour mener la réflexion et identifier des questions de recherche nécessitant une coopération internationale. Il s'entoure le plus souvent d'un petit groupe d'experts nationaux et internationaux pour rédiger une note de concept et proposer des voies de coopération : projets, réseaux, voire, quand les conditions sont réunies, une initiative internationale d'ampleur (IRI). C'est la rencontre entre cette impulsion scientifique enclenchée par INRAE, l'intérêt de partenaires académiques de nombreux pays et l'impulsion politique et diplomatique comme celle des One Planet Summit qui forme le terreau pour lancer et développer une IRI. Par la suite, INRAE copilote le développement de l'initiative sur le plan de la gouvernance, de l'animation des membres, des travaux scientifiques pour rédiger l'agenda de recherche, des plateformes de données ou encore de la communication.

Depuis le lancement de la stratégie en 2018, 5 initiatives internationales ont été lancées avec des périmètres et des contextes variés : Soil carbon, PREZODE (pour prévenir l'émergence de maladies infectieuses), One Forest Vision, l'Agroecological Crop Protection Initiative et le World Microbiom Partnership.

Illustration de One Forest Vision. ©Pixabay





14 nouveaux accords et partenariats internationaux en 2024

• **Au Brésil**, nos liens avec l'EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) ont été renforcés par le renouvellement de l'accord-cadre signé en 2018. Des coopérations scientifiques et technologiques dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage, de la sylviculture, de l'environnement et des ressources naturelles sont prévues dans le but d'accroître les connaissances en matière de développement durable.

• **Aux États-Unis**, un premier accord-cadre de coopération avec le Department of Agriculture of the United States of America, Agricultural Research Service (USDA-ARS) a été conclu. Il vient renforcer la coopération déjà riche entre nos institutions dans des domaines scientifiques clés comme la préservation des ressources, la santé animale et végétale ou la biosécurité. L'accord-cadre avec l'université de Floride a été renouvelé, avec une deuxième édition du programme bilatéral JLC en cours.

• **Au Maroc**, un accord-cadre de coopération entre INRAE et l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II a été signé en présence des ministres chargés de l'agriculture des 2 pays. Par cet accord, les 2 instituts donnent une nouvelle impulsion à leur coopération pour répondre aux grands enjeux qui se posent dans le bassin méditerranéen en matière de gestion des ressources en eau, de production agricole et alimentaire, de transition écologique et de développement durable.

FOCUS



TSARA est sur la bonne voie

L'initiative TSARA, qui associait fin décembre 2024 26 institutions africaines et européennes, a pour objectif d'accompagner la transformation vers des systèmes alimentaires productifs, résilients et durables. En janvier 2024, au Sénégal, la 2^e assemblée générale a validé l'agenda scientifique et le plan d'actions. Un séminaire de 3 jours organisé au Maroc en décembre pour favoriser l'interconnaissance, le partage d'expérience et de visions scientifiques, en particulier sur les « sciences transformatives » et les synergies, a rassemblé plus de 60 participants. Il s'agissait de souder une communauté de leaders scientifiques TSARA en favorisant l'interconnaissance, le partage d'expérience et de visions scientifiques, en particulier sur les « sciences transformatives » et les synergies entre actions menées. Pas moins de 22 dossiers ont été transmis par les départements INRAE en réponse à l'appel à manifestations d'intérêt INRAE pour TSARA, parmi lesquels 16 ont été sélectionnés. Deux projets pilotes, financés par le ministère français de l'Europe et des Affaires étrangères, ont été lancés :

- MAHDIA, mobilisant l'agroécologie au service de la résilience hydrique pour des systèmes alimentaires durables, avec des partenaires marocains, tunisiens, sénégalais, le Cirad et INRAE ;
- FAMA, dédié à la nutrition et au microbiote, avec des instituts d'Afrique du Sud, du Sénégal, du Cirad et d'INRAE.

Enfin, un projet d'ampleur, MORFeuS, a été retenu en décembre pour un financement européen PRIMA. Il associe des institutions d'Algérie, France, Maroc, Portugal et Tunisie autour d'approches territoriales et d'outils d'aide à la décision pour la résilience hydrique en Méditerranée.

L'eau, fil bleu d'une 4^e Fête internationale de la science réussie

Chaque année la « Fête internationale de la science : agriculture-alimentation-environnement » est portée par la Représentation permanente de la France auprès des Nations unies à Rome, le Cirad, INRAE et l'IRD. INRAE a organisé la 4^e édition le 29 novembre 2024 autour de la thématique « L'eau, des sources à l'océan », avec l'Ifremer comme invité spécial. Quatre chercheurs INRAE ont présenté leurs recherches sur la prévention et la gestion des risques de crues et d'inondations, les projections hydrologiques à long terme et sur la préservation de la qualité de la ressource en eau douce par les Solutions fondées sur la Nature. Ce webinaire a rassemblé près de 2 000 personnes.



Expertise et appui aux politiques publiques

Éclairer et accompagner l'action publique est une priorité pour INRAE. La direction générale déléguée à l'expertise et l'appui aux politiques publiques (DGDEAPP), qui regroupe la direction de l'Appui aux politiques publiques (DAPP) et celle de l'Expertise scientifique collective, de la Prospective et des Études (DEPE), a enrichi en 2024 sa stratégie et ses actions depuis l'échelle territoriale jusqu'aux niveaux européen et international. La DEPE a restitué en novembre une étude sur les indicateurs de la qualité des sols, dont les éléments pourront alimenter le projet de directive européenne sur la surveillance des sols. Elle s'est impliquée dans le démarrage de 4 prospectives sur les thèmes de l'agriculture biologique, de l'élevage, des microbes et des zoonoses pour éclairer les politiques publiques à l'échelle européenne. Une diversité d'actions a été déployée pour accompagner les scientifiques dans la conception, la mise en œuvre et l'évaluation de politiques publiques.

En 2024 ont notamment été traités des sujets relatifs à l'eau, aux pesticides, à la biomasse, à la planification écologique, en appui aux acteurs nationaux – dont les ministères –, avec également une mobilisation grandissante au niveau territorial. Le projet européen Life Agrowise, en appui des politiques de réduction de l'usage des pesticides, a démarré. Les relations avec l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) et l'Agence européenne de l'environnement se sont renforcées. Par ailleurs, INRAE s'est mobilisé pour stimuler les interactions entre les acteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur en animant un groupe national des directions en charge de l'appui aux politiques publiques, et en contribuant au niveau européen aux réflexions sur l'interface entre sciences et politiques publiques.



Nos outils d'aide à la décision publique présentés à Washington

Les outils d'expertise scientifique collective et de prospective d'INRAE, présentés conjointement avec ceux de l'IRD lors d'une visite commune à Washington en avril, ont suscité l'intérêt d'institutions internationales et multilatérales, de potentiels commanditaires comme le Programme des Nations unies pour l'environnement ou l'Organisation des États américains, de financeurs tels que le Fonds pour l'environnement mondial ou la fondation Rockefeller, de partenaires comme l'Académie des sciences, l'Institut des ressources mondiales, et enfin d'utilisateurs tel que l'UN Foundation.

Les échanges avec le département des Affaires économiques et sociales des Nations unies et l'équipe action climatique du Secrétariat général des Nations unies ont permis d'identifier plusieurs actions à mettre en place pour mieux valoriser nos travaux d'expertise à l'international, favoriser la participation de scientifiques à des groupes de travail ou à des groupes d'experts, et construire des projets d'expertise.



FOCUS



Isabelle Arpin apporte son expertise à l'Agence européenne de l'environnement

Isabelle Arpin, sociologue de l'environnement et des sciences du centre de Lyon-Grenoble-Auvergne-Rhône-Alpes, est depuis le 1^{er} janvier 2025 membre du comité scientifique de l'Agence européenne de l'environnement. Cette nomination est une reconnaissance de ses compétences et son expertise sur les questions de biodiversité, à l'interface entre les scientifiques et les gestionnaires de la nature.

Explore2, des clés pour la gestion de l'eau dans les territoires

Le projet Explore2 est soutenu par le ministère de la Transition écologique et l'Office français de la biodiversité et porté par INRAE pour le volet scientifique et par l'Office international de l'eau pour le volet transfert des résultats. Explore2 fournit des projections hydroclimatiques en France métropolitaine à une échelle spatiale très fine jusqu'en 2100. Fédérant une quarantaine de scientifiques depuis 2021, le projet s'appuie sur les derniers scénarios climatiques du GIEC pour simuler l'impact du changement climatique et donner à voir les futurs possibles des ressources naturelles en eau. Inédit en Europe par l'ampleur des données prises en compte et la finesse de l'échelle, Explore2 a intégré des comités d'utilisateurs, avec notamment des agences et syndicats de l'eau, des collectivités et des bureaux d'étude. Ces comités ont échangé avec l'équipe scientifique sur la méthode ou encore les informations utiles à mettre à disposition et l'accompagnement à la prise en main des résultats. Cette médiation scientifique a permis de créer un pont entre les scientifiques et les acteurs opérationnels et de réviser les plans d'adaptation au changement climatique, par exemple celui adopté par l'Agence Rhône-Méditerranée-Corse. Plusieurs supports ont été créés pour optimiser le transfert des résultats et répondre à un panel étendu de besoins : des rapports techniques, des fiches de synthèse, les pages du portail DRIAS-Eau et un MOOC. Quelque 500 participants ont assisté à la restitution du projet en juin.



Vue aérienne d'une rivière se séparant en 2 bras dans l'Yonne.
©INRAE - B. Nicolas

INRAE appuie les politiques de réduction des pesticides européennes avec Life Agrowise

Le projet européen Life Agrowise, coordonné par INRAE, a pour objectif de fournir aux États membres de la Commission européenne des recommandations afin de favoriser la mise en place de la Directive pour une utilisation raisonnée des pesticides au niveau des exploitations ou des cultures. Ce projet de 18 mois, démarré en mai 2024, rassemble 10 organismes de recherche de 8 États qui collectent et caractérisent des méthodes et stratégies de protection des plantes éprouvées scientifiquement afin de réduire l'utilisation et les risques liés aux pesticides. L'originalité du projet tient au fait que les recommandations sont formulées au sein d'ateliers participatifs regroupant des représentants des États membres, des experts de l'ensemble de l'écosystème agricole ainsi que des porteurs d'enjeux. Au niveau français, Life Agrowise permettra de valoriser les travaux menés dans le cadre des certificats d'économie de produits phytopharmaceutiques, un dispositif pérenne d'appui aux politiques publiques et il contribuera à la stratégie Écophyto 2030.

L'accord-cadre avec l'OFB renouvelé

Philippe Manguin, président-directeur général d'INRAE, et Olivier Thibault, directeur général de l'Office français de la biodiversité (OFB), ont signé un nouvel accord-cadre de coopération le 1^{er} mars, en présence du ministre de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. Les thématiques de la coopération portent sur :

- la préservation des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques ;
- la préservation et la reconquête de la biodiversité terrestre ;
- l'agriculture et la biodiversité dans la dynamique de la transition écologique ;
- les approches intégrées dans les territoires pour une transition écologique.

L'accord-cadre prévoit le renouvellement des 2 pôles R&D communs sur les poissons migrateurs amphihalins et sur les écosystèmes lacustres, la participation d'INRAE aux centres de ressources portés par l'OFB ainsi qu'une mobilisation particulière des 2 établissements sur le transfert des connaissances.



^
Récolte manuelle de blé tendre d'hiver en pépinière de sélection conduite en très faibles intrants de synthèse, Le Rheu, UMR IGEP. ©INRAE - E. Beaumont



Lancement d'un GIS Biomasse

Fondé par INRAE, l'IGN, FranceAgriMer et l'Ademe, le groupement d'intérêt scientifique (GIS) Biomasse a pour mission de produire et de mettre à disposition des acteurs publics et privés un corpus d'informations (données, analyses, indicateurs de suivi dont la liste pourra être proposée par le GIS...) sur la production de la biomasse en France, sur ses usages dans les produits bois, les matériaux et molécules biosourcés, et les bioénergies, ainsi que sur les impacts économiques, sociétaux, climatiques et environnementaux associés. INRAE est plus particulièrement en charge d'une analyse des travaux prospectifs existants ainsi que du recensement des modèles et plateformes utilisables pour l'évaluation des ressources en biomasse.

Stère de bois.
©INRAE - F. Carreras

FOCUS

Première édition des Journées Recherche et action publique

Les 10 et 11 octobre 2024 ont eu lieu les premières Journées Recherche et action publique. Portées par l'université Gustave Eiffel et co-organisées avec INRAE, le Cere-ma et la fédération Théorie et évaluation des politiques publiques du CNRS, elles ont offert aux scientifiques et aux acteurs publics un large temps d'échanges sur la transition climatique, les risques naturels, la sécurité et durabilité des infrastructures, le travail et l'emploi, l'agriculture et la santé. Ces journées ont permis d'illustrer en quoi la recherche peut appuyer l'action publique et comment celle-ci peut stimuler en retour la recherche. Elles ont été l'occasion d'échanger sur les pratiques qui entretiennent les relations entre science et action publique.

Accompagnement des travaux de COP régionales

La DAPP interagit non seulement avec des acteurs publics nationaux mais aussi territoriaux, avec la contribution de scientifiques INRAE. Par exemple, la DAPP a accompagné en 2024 la COP régionale de la planification écologique (Conférence des parties) en région Bourgogne-Franche-Comté. Dans la même région, une action-pilote a été engagée en utilisant la plateforme MAELIA pour modéliser et évaluer la transition agroécologique et bioéconomique des territoires et apporter des éléments d'aide à la réflexion des acteurs territoriaux. Une autre action-pilote est menée en région Sud-PACA où INRAE s'est impliqué avec l'État et la Région dans la rédaction du plan de transformation écologique et énergétique.





Partenariat et innovations

Contribuer à la mise au point de solutions en levant des verrous scientifiques et technologiques est le fil rouge de notre politique d'innovation. Pour accroître l'impact de ses recherches, INRAE est impliqué auprès de l'ensemble des acteurs socio-économiques : entreprises, coopératives, start-up, instituts techniques agricoles et agro-industriels, chambres d'agriculture, groupes d'agriculteurs, collectivités territoriales, centres techniques, interprofessions et syndicats professionnels, associations. INRAE et ces acteurs échangent sur les priorités de recherche et construisent ensemble des programmes. Ce partenariat vise aussi à faciliter l'accès aux résultats de la recherche, connaissances et technologies issues de nos recherches et à nos dispositifs expérimentaux. INRAE est pleinement engagé dans le plan d'investissement France 2030, porteur d'une dynamique sans précédent en faveur de l'innovation et des liens public-privé. Notre filiale INRAE Transfert copilote 2 consortiums de prématuration et maturation, ASTRAGALE et BIOSCALE. INRAE mène également une politique de concertation et de co-construction avec les universités pilotes des pôles universitaires d'innovation (PUI). L'institut est aussi impliqué dans des dynamiques de déploiement des solutions sur le terrain, avec par exemple les Territoires d'innovation qui visent à accélérer la transformation des systèmes de production agricole et alimentaire.



Une journée met à l'honneur les Carnot INRAE

Fédérant plusieurs établissements publics de recherche et d'enseignement supérieur et des instituts techniques, les 5 Carnot portés par INRAE : Qualiment (alimentation), 3BCAR (bioéconomie), Plant2Pro (sélection végétale), France Futur Élevage et Eau & Environnement, offrent un large spectre de compétences permettant de répondre aux besoins de R&I des secteurs agricole, agroalimentaire, de la biotechnologie et de l'environnement. Le contact permanent des équipes Carnot avec les entreprises leur permet d'appréhender et d'anticiper les réponses R&D au travers d'une action proactive de ressourcement scientifique orientée par le besoin.

La journée Carnot@INRAE, qui a rassemblé le 11 septembre 2024 partenaires publics et privés et décideurs du monde de la recherche et de l'innovation, a permis d'illustrer le rôle important du dispositif Carnot dans l'écosystème de recherche et d'innovation des secteurs agri-agro-aqua.



FOCUS

DEEPIMPACT, un colza plus vert grâce au microbiote

Le projet MAGNUM, soutenu par le Carnot Plant2Pro, a permis de faire la preuve du concept selon lequel des variétés de blé favorisant le développement d'un microbiote favorable à leur santé peuvent être sélectionnées pour diminuer les intrants chimiques de synthèse. Cette action de ressourcement a contribué à développer les approches, les méthodologies et le cadre conceptuel requis pour la construction du projet DEEPIMPACT, cette fois sur le colza et en partenariat avec le groupe semencier Limagrain. DEEPIMPACT est financé par le PPR Protéger et cultiver autrement. Cette démarche illustre le potentiel exploratoire de l'outil Carnot, en anticipation des besoins des partenaires socioéconomiques et des filières.



5 nouveaux LabCom pour des innovations en santé et agriculture

Financés par l'Agence nationale de la recherche (ANR), le dispositif des laboratoires communs (LabCom) associe des laboratoires publics à des PME. INRAE participe à 11 LabCom. Cinq nouveaux LabCom portés par INRAE ont été acceptés en 2024 : avec les entreprises Lallemand, Antoféno, Fruition Sciences, Activ'Inside et Abyss Ingredients. Dès octobre 2024, le LabCom Biofilm1Health, dédié à l'étude des biofilms bénéfiques, a démarré. Ce partenariat entre l'équipe B3D de l'Institut Micalis (INRAE, AgroParisTech, université Paris-Saclay) et Lallemand Animal Nutrition vise à faire progresser le concept « une seule santé ».

Biotech, robotique, biocontrôle : INRAE accélère avec les Grands défis et les démonstrateurs préindustriels

Les démonstrateurs préindustriels en biotechnologie et les Grands défis France 2030 pilotés ou copilotés par INRAE (Toulouse White Biotechnology, MetaGenoPolis, Ferments du Futur, Biocontrôle et biostimulation, Robotique agricole) et soutenus par l'État, rassemblent de nombreux acteurs dans des consortiums public-privé, avec l'objectif d'accélérer l'innovation en renforçant les liens entre la recherche publique et les entreprises. Ils sont articulés à des programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) pilotés ou copilotés par INRAE. Les démonstrateurs préindustriels et les Grands défis mènent des projets à des niveaux de maturité de technologies (TRL) allant de 1 à 4 (sur une échelle de 9). Ces projets, plus ou moins confidentiels, participent tous au développement d'expertises scientifiques et de briques technologiques accessibles à l'ensemble du consortium. Les démonstrateurs favorisent également la création et le développement de start-up en leur donnant accès à l'environnement scientifique et aux plateformes technologiques de pointe.



^
Laboratoire Ferments du Futur.
©INRAE - C. Maître

FOCUS

Allozymes, la start-up de Singapour, choisit TWB

Le démonstrateur préindustriel Toulouse White Biotechnology (TWB), expert dans la conduite de projets de R&D en biotechnologies industrielles et concepteur de solutions durables, a accueilli la start-up singapourienne Allozymes au sein de ses installations toulousaines et de son consortium de 46 industriels, start-up, investisseurs, organismes de recherche et collectivités territoriales. Allozymes est spécialisée dans la découverte et l'ingénierie d'enzymes à haut débit pour les industries agroalimentaire et chimique. « Nous implanter au sein de TWB nous permet d'être au plus près de ce qui se fait de mieux en Europe dans le domaine de la bioéconomie et de prendre part à des projets innovants », a indiqué le PDG d'Allozymes.



©INRAE - C. Maître

Vitalité des start-up, TPE et PME, soutenue par nos recherches

Pour sa 2^e édition, le challenge InnoTech, porté par INRAE, a mis en relation 7 entreprises avec des laboratoires INRAE afin de lever des verrous scientifiques ou techniques rencontrés par ces entreprises. Parmi ces projets, 3 remportent le challenge InnoTech et bénéficieront chacun d'un financement de 35 000 euros pour cofinancer l'apport d'expertise et de moyens des équipes INRAE, AgroParisTech et Institut Agro Montpellier. L'un des 3 lauréats est l'entreprise Veragrow qui pourra, avec l'aide de l'équipe de l'unité INRAE Agroécologie à Dijon, monter son projet Vermicrobe. Veragrow fabrique des biostimulants fabriqués à partir de lombricompost dans le but d'améliorer les rendements agricoles et d'accompagner la transition agroécologique.

Les consortiums de prématuration-maturation ASTRAGAL et BIOSCALE sont lancés

Dans un processus d'invention, les projets de prématuration et de maturation permettent de faire la preuve du concept (prototypage, démonstration de faisabilité...) et de guider les inventions scientifiques sur le chemin de l'innovation (montée en TRL). À travers sa filiale INRAE Transfert, l'institut assure la coordination du volet prématuration de 2 projets lauréats en 2022 de l'appel prématuration-maturation de France 2030 : ASTRAGAL et BIOSCALE. Ces consortiums associent des sociétés d'accélération du transfert de technologies (SATT), des universités et des organismes nationaux de recherche.

ASTRAGAL réunit des acteurs publics de l'innovation pour accélérer, dans leurs phases de prématuration et de maturation, le développement de projets d'innovation dans les secteurs agricoles et agroalimen-

taires. Sur 41 projets présentés, 28 ont été labellisés (dont 10 projets de prématuration portés par INRAE), soit plus de 2,45 millions d'euros de cofinancements engagés. ASTRAGAL a également publié un livre blanc pour éclairer les acteurs du secteur et leur donner des clés dans la réalisation de leur projet. Il y donne sa vision du secteur, les transitions attendues et les axes prioritaires d'innovation qu'il soutiendra.

BIOSCALE accompagne des projets pour l'essor des biotechnologies industrielles et la fabrication de produits biosourcés, de biomatériaux et de biocarburants, se substituant aux produits pétrosourcés. Sur 20 projets présentés, 18 ont été labellisés (dont 5 projets de prématuration pour INRAE), soit 1,846 million d'euros de cofinancements engagés (dont 293 000 euros pour INRAE).

FOCUS



©AdobeStock

Optyvax : optimiser le vaccin contre les mammites

Porté par ASTRAGAL, le projet Optyvax vise l'optimisation d'un vaccin contre les mammites bovines dans le but de proposer à la filière laitière une alternative plus efficace aux vaccins disponibles et par conséquent réduire l'usage d'antibiotiques. L'objectif est de concevoir des vaccins polyvalents sûrs, peu onéreux et faciles à produire. Dans un second temps, l'efficacité de la formulation candidate sera évaluée *in vivo* afin de fournir une preuve de concept sur l'espèce et la catégorie cibles qui pourra amorcer de futurs partenariats entre INRAE et le secteur pharmaceutique vétérinaire.



<

Fabrication de biomatériaux (illustration).
©AdobeStock



UMT & RMT

Les unités mixtes technologiques (UMT) et les réseaux mixtes technologiques (RMT) mettent en œuvre des partenariats scientifiques et techniques originaux. Ils sont créés et soutenus par le ministère en charge de l'Agriculture, sous la coordination de l'ACTA pour le secteur agricole et de l'ACTIA pour le secteur agro-alimentaire. Ce dispositif tient une place essentielle pour faciliter l'élaboration de solutions appropriées par les différents acteurs.

98



Liste des UMT et RMT INRAE :
<https://www.gis-relance-agronomique.fr/umt-rmt>



5 nouvelles UMT impliquant INRAE et coordonnées avec l'ACTA (réseau des instituts techniques agricoles) ont été approuvées pour un démarrage en 2025.

- **L'UMT ACADIA** porte des projets d'innovation sur le biocontrôle. Son but est de concevoir et de diffuser des innovations biotechniques, sociales, organisationnelles et de marché. Partenaires : ASTREDHOR-Institut des professionnels du végétal, l'Institut Sophia Agrobiotech, le CREDEG et la chambre d'agriculture des Alpes-Maritimes.
- **L'UMT CORSAIRE Bio** œuvre à la conception de systèmes agri-alimentaires biologiques productifs, durables et résilients, au service de la transition agroécologique et de la souveraineté alimentaire des territoires. Partenaire : l'Institut technique de l'agriculture biologique (ITAB).
- **L'UMT ETTAP** est dédiée à un travail de prospective des systèmes apicoles et de pollinisation, à une évaluation multicritère de leur durabilité et à une analyse de la gouvernance territoriale de la pollinisation. Partenaire : l'Institut technique et scientifique de l'apiculture et de la pollinisation (ITSAP).
- **L'UMT SABRE** conçoit, évalue et favorise l'adoption de mesures de gestion intégrée de la santé des ruminants pour tenir compte des dimensions et contraintes évolutives des systèmes d'élevage. Partenaires : l'Institut de l'élevage (IDELE), l'École vétérinaire de Toulouse, l'ANSES.
- **L'UMT TERACLINE** travaille sur la neutralité climatique et la neutralité carbone. Partenaire : l'Institut de l'élevage (IDELE).

Concernant les RMT, INRAE en co-anime 12 en 2024 dans les domaines de l'agroécologie, de l'élevage, de la chimie et des territoires :

- **AgroforesterieS**
(Performances de l'arbre en agriculture et accompagnement des transitions)
- **Al-Chimie**
(contaminations chimiques des chaînes alimentaires)
- **Avenir prairies**
- **Bestim**
(Stimuler la santé de la plante dans des systèmes agroécologiques)
- **BioReg**
(Biodiversité pour la régulation naturelle des bioagresseurs)
- **Bouclage**
(recyclage, fertilisation et impacts environnementaux)
- **Chaînes alimentaires**
- **Champs, Territoires & Ateliers**
- **GAFad**
(Gestion agroécologique de la flore adventice)
- **SDMAAA**
(Science des données et modélisation pour l'agriculture et l'agroalimentaire)
- **Sols et Territoires**
- **Spicee**
(Structurer et produire l'innovation dans les systèmes ayant des cultures et de l'élevage-ensemble)





Vie des collectifs

2024





Transition écologique et énergétique

INRAE est un institut pionnier dans le domaine de la réduction de son impact environnemental. En 2024, il est le premier établissement public de recherche à adopter une ambitieuse trajectoire bas carbone. En parallèle, différentes actions sont entreprises pour maîtriser les dépenses énergétiques de chaque centre.

102



70 % d'émissions en moins d'ici 2050 : INRAE trace sa trajectoire bas carbone

INRAE est engagé depuis plus de 10 ans dans la réduction de l'impact environnemental de ses activités. La trajectoire INRAE bas carbone a été adoptée en conseil d'administration le 15 octobre 2024. Elle est le fruit du travail des 12 agents de la direction de la RSE (responsabilité sociétale et environnementale), de tous les responsables RSE de centres et d'agents volontaires. Son objectif est d'atteindre une réduction de 70 % des émissions de GES en 2050 par rapport à 2019. Comment ? En évitant et réduisant la production de GES liées aux activités. En complément, la neutralité pourra être visée en mobilisant la séquestration de carbone pour compenser les GES émis. Pour aboutir à cette trajectoire INRAE bas carbone, l'institut a adapté la méthode « ACT pas à pas » de l'Ademe à un établissement public de recherche. Après avoir dressé un bilan des émissions de GES de l'institut en 2023, cette méthode a permis de définir une trajectoire de transition cible adaptée aux postes d'émission d'INRAE sur 6 activités principales : activités expérimentales agricoles, numérique, activités du quotidien, énergie et bâtiments, déplacements professionnels et matériel scientifique.



Cette trajectoire cible sera mise en œuvre prochainement par un plan d'actions pragmatique. Afin d'atteindre la cible de réduction des GES de chacun des secteurs retenus, ce plan mobilisera, notamment, les contributions issues des ateliers collaboratifs de 2023 et 2024. Pour d'ores et déjà diminuer son empreinte GES, des outils opérationnels sont déployés : StopGES, déjà testé dans plusieurs unités de recherche, ou encore un outil de calcul des émissions de GES lié à l'organisation d'évènement.



INRAE, premier institut à se fixer une trajectoire bas carbone

ENTRETIEN AVEC

Armelle Carnet

Directrice Responsabilité sociétale et environnementale

La trajectoire bas carbone d'INRAE a été adoptée par le conseil d'administration en octobre. Comment a-t-elle été élaborée ?

C'est l'aboutissement de 2 ans de travail de la direction RSE, des responsables RSE et d'agents volontaires RSE. Pour construire notre plan de transformation, nous nous sommes inspirés de la méthodologie « ACT pas à pas » de l'Ademe. Au départ conçue pour les entreprises, nous l'avons adaptée à un organisme de recherche public. Nous avons donc abouti à une méthode unique, dont nous sommes copropriétaires. Nous l'avons testée en 2024 ; et l'Ifremer, le Cirad et une dizaine d'établissements d'enseignement supérieur l'utilisent désormais pour bâtir leur propre plan de transformation bas carbone.

Dans ce cadre, nous avons mené 2 phases de travail :

Tout d'abord nous avons identifié les



Les leviers d'actions de la trajectoire bas carbone se déploient à 4 niveaux : le national, les centres, les unités et les agents.



trajectoires théoriques des 42 postes d'émission de gaz à effet de serre de l'institut. La plupart de ces postes suivent la Stratégie nationale bas carbone (SNBC). Sur ce volet, un cabinet de conseil nous a accompagnés sur l'identification des trajectoires scientifiques cohérentes avec les objectifs de la COP21 desquels découlent ceux de la SNBC. Pour nous, il est indispensable de développer une stratégie en cohérence avec nos activités et qui se fonde sur la littérature scientifique des travaux du GIEC. Donc nous sommes allés chercher des trajectoires scientifiques qui correspondent à la nature de chacune de nos activités à INRAE. La trajectoire théorique à atteindre définit une diminution de 70 % des émissions de GES d'ici 2050.

Pour faciliter l'appropriation et le suivi des objectifs définis par cette trajectoire cible, nous avons regroupé les 42 postes et 6 secteurs d'activité, cohérents avec l'organisation d'INRAE afin d'élaborer le plan d'actions de cette trajectoire.

Cette trajectoire bas carbone validée, comment sera-t-elle déployée ?

Nous avons déjà commencé à construire un plan d'actions avec les directions d'appui à la recherche de tout l'institut. Ces derniers mois nous avons organisé 2 ateliers collaboratifs nationaux et de nombreux ateliers dans les centres pour cogiter sur des leviers à court, moyen et long terme. Environ 650 agents INRAE ont participé à la démarche et nous avons récolté plus de 1 200 contributions. Ces contributions ont été regroupées selon les 6 secteurs d'activité définis pour piloter la mise en œuvre de la trajectoire INRAE bas carbone. Tous ces leviers sont

en train d'être analysés par les directions d'appui à la recherche. Elles regardent si la récurrence de certains leviers est pertinente, mettent de côté ceux qui ne sont pas pertinents et identifient les thématiques qui ne l'ont pas été lors des ateliers.

Bien sûr, la recherche avance et de nouveaux leviers vont arriver. Il a été convenu que la trajectoire INRAE bas carbone serait revue tous les 3 ans, au moment du bilan des émissions de GES, car de nombreux facteurs endogènes et exogènes peuvent survenir et la faire bouger.

Je précise que les leviers d'actions se déploient à 4 niveaux : le national, les centres, les unités et les agents. Les 4 se combinent.

Pouvez-vous nous parler d'une action déjà en cours ?

Les achats représentent le premier poste d'émissions de GES d'INRAE. La direction du Financement et des Achats a publié la politique achat de l'institut en avril 2024. Dans ce cadre, un comité « achats » a été constitué au sein duquel la direction de la RSE est partie prenante.

Par ailleurs, Jean-François Soussana a formé un groupe d'experts animé conjointement par la commission nationale des unités expérimentales et la direction de la RSE à la fois pour mieux comptabiliser les GES émis par les activités agricoles et aussi pour évaluer le potentiel de stockage de carbone dans les sols et la biomasse. Ce groupe de travail, désormais coordonné par Thierry Caquet, nous permet d'anticiper le 3^e pilier d'INRAE bas carbone : la compensation des émissions résiduelles. Ce groupe de travail rendra ses recommandations et bâtira un plan d'actions fin 2025.



20 % d'économies d'énergie : sobriété et rénovation au cœur de nos actions

Vue extérieure du bâtiment abritant l'équipe EcoFlows de l'unité Riverly, Villeurbanne. ©INRAE - B. Nicolas

Depuis fin 2022, INRAE mène une politique de sobriété énergétique déployée par des moyens nationaux pilotés par la direction du Patrimoine et de l'Immobilier ainsi que par des plans de maîtrise de l'énergie dans chaque centre. Malgré une activité soutenue, l'institut maintient une baisse de sa consommation énergétique autour de 20 % par rapport à 2021, ce qui contribue à limiter fortement l'impact financier du poste énergie sur le budget de l'institut.

En 2024, les principales actions engagées concernent 3 points. **Premièrement, une meilleure identification des bâtiments énergivores.** Alors que le parc immobilier de l'institut compte environ 1,1 million de m² bâtis répartis sur une centaine d'implantations, 17 % des bâtiments, soit 325, ont été identifiés comme particulièrement énergivores et représentent 80 % de la consommation énergétique de l'établissement. Chaque centre dispose aussi d'un profil de consommation de plus en plus précis et peut évaluer l'impact de ses actions d'optimisation ou identifier des dérives de consommation.

Deuxièmement, la poursuite d'investissements dédiés à l'efficacité énergétique. En complément des 162 projets de rénovation énergétique engagés entre 2021 et 2023, INRAE a engagé 74 projets supplémentaires pour 18 millions d'euros dans le cadre de l'appel à projets TE2024, essentiellement consacré au remplacement des énergies de chauffage/refroidissement et à l'isolation des

bâtiments. Une enveloppe budgétaire importante est dédiée au remplacement de grosses chaufferies fioul et gaz par des chaufferies biomasse sur les sites de Theix, Nouzilly, Nogent-sur-Vernisson et Villenave d'Ornon, contribuant ainsi à réduire significativement nos rejets de CO₂ et à limiter notre dépendance aux énergies fossiles. Par ailleurs, des expérimentations pilotes d'isolations de bâtiments par murs végétalisés ont été financées dans le cadre de l'appel à projets de la pépinière RSE 2023, à Versailles et à Montpellier.

Troisièmement, la mise en œuvre d'actions ciblées sur des bâtiments en enjeux en mobilisant les collectifs. INRAE s'est porté candidat pour faire intervenir la Task Force mise en place par l'Agence de gestion de l'immobilier de l'État (AGILE). Une équipe d'ingénierie est désormais mobilisée pour rechercher des actions d'optimisation – sans recours à des investissements lourds – sur 4 des 10 bâtiments les plus énergivores de l'institut.

De plus, INRAE s'est inscrit au concours CUBE État dont le principe est d'aider les utilisateurs de bâtiments à diminuer efficacement leurs consommations en agissant sur les leviers de l'usage et sur un meilleur pilotage, en mettant en œuvre une compétition ludique entre les candidats d'autres établissements inscrits dans le même concours. La démarche, d'une durée d'un an, concerne les bâtiments du campus de Saclay et un bâtiment de l'unité Micalis à Jouy-en-Josas.

Pépinière RSE : toujours un succès

En 2024, la 4^e vague de l'appel à projets de la pépinière RSE a recueilli 26 projets localisés sur 10 centres. Les 18 projets retenus se partageront un budget de 180 000 euros pour réaliser leur projet.

Et parmi les projets de la pépinière 2023 qui ont été déployés en 2024, citons la création du projet IMPULSE-Mentorat porté par le centre PACA qui, après une expérience de mentorat très positive, a pour objectif de faciliter l'émergence et la pérennisation de nouveaux projets de mentorat. Ce mode d'accompagnement innovant à INRAE, vecteur d'égalité, confiance et motivation, constitue un levier pour l'intégration, l'évolution des carrières et la transformation des modes de travail.

Un second projet de la pépinière 2023 illustre la prise en compte d'enjeux environnementaux : PHYTOCLIM. Sur le site de Versailles, des écosystèmes végétaux verticaux et horizontaux, implantés au sol, protègent la façade d'un bâtiment abritant des groupes froids et des laboratoires. Sa conception fait appel à un système de câblages et d'arceaux métalliques et à la pose de bacs accueillant des plantes. Le mélange d'essences assure la protection thermique tout en laissant entrer la lumière dans le bâtiment et en protégeant la biodiversité environnante (nid d'hirondelles sur la façade du bâtiment, ruches à proximité). En cohérence avec la stratégie RSE d'INRAE, ce projet PHYTOCLIM est relativement peu onéreux et donc facilement transposable.

Projet PHYTOCLIM à Versailles.
©INRAE - M. Fagard

Des pratiques de travail en adéquation avec les enjeux nos recherches

L'accompagnement des unités et laboratoires dans la transition des pratiques d'expérimentation et de recherche se poursuit : 32 unités expérimentales sont certifiées ISO 14001 et 24 autres sont engagées dans la démarche SME (système de management environnemental). Différentes initiatives ont permis de développer des outils d'analyse d'impact utilisés à INRAE à différentes échelles, notamment des outils d'analyse environnementale et de conformité réglementaire déployés dans le cadre de la démarche de SME, un outil de comptabilisation des émissions de GES et un outil de simulation de trajectoires bas carbone au niveau d'un laboratoire.

L'un des enjeux est aussi de mobiliser l'expertise scientifique des unités et laboratoires dans les projets, notamment sur les enjeux climat-carbone. Le groupe de travail initié par Jean-François Soussana dédié aux activités agricoles des unités expérimentales a poursuivi ses travaux sur la comptabilisation des GES émis, sur le potentiel de captation de carbone de l'institut et sur les possibilités de compensation.



© MESR



Nouvelle charte d'engagements des organismes nationaux de recherche pour la transition écologique et le développement soutenable

En janvier, les dirigeants de 16 organismes nationaux de recherche se sont accordés, en présence de la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, sur une charte les engageant collectivement à contribuer à relever les défis que nécessitent la transition écologique pour un développement soutenable. Les programmes de recherche doivent contribuer à l'exploration et au développement de solutions pour réussir la transformation de notre société tant sur le contenu de la science à produire pour y parvenir que sur les méthodes et pratiques professionnelles pour y participer. Ainsi, chaque organisme de recherche se doit d'apporter sa part aux efforts collectifs pour atteindre les objectifs ambitieux que notre pays se fixe en termes de réduction de l'empreinte carbone, énergétique et environnementale de ses activités. Cet engagement public marque l'accélération d'une dynamique déjà enclenchée à l'échelle d'INRAE.



L'institut s'engage pour la simplification et l'égalité

Afin de simplifier le quotidien des unités de recherche, l'institut a basculé sur le système de gestion financier commun à la majorité des universités : SIFAC. Ce changement a été préparé tout au long de l'année 2024. Par ailleurs, l'institut continue à porter une attention particulière aux conditions de travail, à l'égalité femmes-hommes et à l'emploi des personnes en situation de handicap. Pour preuve le renouvellement du label Alliance par l'AFNOR.

106



Égalité femmes-hommes et lutte contre les discriminations : INRAE conserve la double labellisation

Depuis janvier 2020, INRAE est le seul établissement à caractère scientifique et technologique dont l'action est reconnue par les 2 labels AFNOR Égalité et Diversité. S'inscrivant dans le cadre d'une politique volontariste de l'institut engagé dès 2009 dans la labellisation européenne Human Resources Strategy for Researchers, les valeurs d'égalité et de diversité sont fortement partagées au sein des collectifs. Parmi ses priorités, des droits professionnels reconnus, des procédures de recrutement transparentes, des actions en faveur des équilibres des temps de vie, un environnement de recherche ouvert et innovant. L'AFNOR a renouvelé en 2024 la labellisation Diversité et Égalité professionnelle de l'institut, reconnaissant à nouveau son engagement en faveur de la lutte contre les discriminations et de la défense de l'égalité professionnelle entre les femmes et les hommes.

Par ailleurs, les services de formation d'INRAE et de l'Inserm ont élaboré une e-formation qui permet d'identifier les différents types de violences sexistes et sexuelles, d'en mesurer les conséquences pour les victimes et de savoir comment réagir.



Outils de gestion : moins d'outils, une mutualisation en marche

Faciliter la coopération avec nos partenaires académiques et de la recherche dans le cadre de nos unités partagées, alléger la charge administrative et disposer d'outils de gestion communs et aussi convergents que possible : telles sont les ambitions du chantier simplification d'INRAE qui s'inscrit pleinement dans les recommandations du rapport Gillet. C'est dans cette perspective que l'institut a choisi de déployer les solutions proposées par l'Agence de mutualisation des universités et établissements (AMUE) : SIFAC pour sa gestion financière, outil déjà déployé par 80 % des universités ainsi qu'à l'IRD et par l'Inserm en 2025, et Notilus pour la gestion des missions qui est aujourd'hui utilisé par 17 universités et établissements d'enseignement supérieur. L'année 2024 a été consacrée à la préparation minutieuse de la bascule programmée en janvier 2025 et à l'accompagnement des collectifs métiers. Par ailleurs, dès 2025, INRAE déploiera d'autres solutions mutualisées comme Dialog (outil RH de remontée des demandes de postes par les unités).



▲ Le 12 janvier, INRAE reçoit le Prix Elisabeth Moreno de l'ISACA AFAI SheLeadsTech et Femmes@Numérique (catégorie secteur public).
©INRAE - C. Maître

FOCUS

Environ 1 200 agents formés et engagés pour la réussite de SIFAC
SIFAC a été mis en fonction le 28 janvier 2025. Pour accompagner son déploiement, 4 modules de formation en présentiel ont été organisés au sein de chaque centre pour les gestionnaires d'unité, de début décembre à fin janvier. Ces modules, qui ont représenté 4 000 jours de formation cumulés, ont été suivis par environ 900 gestionnaires d'unité. D'autres modules, à destination des 300 gestionnaires de centre, ont été organisés en présentiel au niveau national dès début octobre. Tout au long de l'année 2025, l'accompagnement des unités et des centres sera poursuivi pour faciliter la prise en main de ces nouveaux outils. En particulier, le réseau des PRP (90 personnes ressources de proximité) qui a été central dans la formation des agents et continuera d'être particulièrement mobilisé pour répondre aux

questions des gestionnaires. L'équipe projet SIFAC, en lien avec les PRP, prendra en compte les remontées des utilisateurs et s'attachera à déployer les dernières fonctionnalités. Le travail réalisé par l'ensemble de la fonction financière et des gestionnaires en 2024 a été très conséquent et se poursuit en 2025.

Emploi et inclusion des personnes en situation de handicap : renouvellement de la convention avec le FIPHFP

En mars, la 6^e convention entre INRAE et le Fonds pour l'insertion des personnes handicapées dans la fonction publique (FIPHFP) a été signée pour 3 ans. Son objectif ? Favoriser l'emploi inclusif à travers le recrutement, le soutien au maintien en emploi, la sensibilisation, la formation ainsi que l'accessibilité numérique des personnes en situation de handicap.

L'engagement de l'institut en faveur du numérique au féminin récompensé

Le prix Elisabeth Moreno récompense les actions en faveur de la place des femmes dans le domaine du numérique. En 2024, INRAE a été distingué dans la catégorie secteur public. Le jury a salué la contribution d'INRAE à la promotion de la présence des femmes dans le secteur de la tech ainsi que ses efforts pour soutenir et encourager les talents féminins. Le prix a été remis lors des Assises nationales de la féminisation des métiers et filières numériques.



Éthique, déontologie et laïcité

Servir l'intérêt général repose sur des principes fondateurs s'appliquant à tout agent d'une institution publique. Ces principes forment le socle de la déontologie de l'institut. La réflexion éthique, exercée à deux échelles au sein de deux comités, irrigue les stratégies scientifiques et les projets.



Comité Éthique en commun : nouvelle présidence et publication d'un 16^e avis

Le 4 avril 2024, la présidence du comité Éthique en commun (INRAE-Cirad-Ifremer-IRD) a été renouvelée. Patrick du Jardin succède à Michel Badré en tant que président et Valérie Masson-Delmotte remplace Bernadette Bensaude-Vincent en tant que vice-présidente. Patrick du Jardin, ingénieur agronome de formation, est enseignant-chercheur à l'université de Liège. Il est expert et conférencier dans le domaine des sciences agronomiques et de l'ingénierie biologique, de la biosécurité et de la bioéthique.

Valérie Masson-Delmotte est directrice de recherche au CEA au sein du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement/université Paris-Saclay. Experte en sciences du climat, elle a notamment co-présidé le groupe de travail sur les bases physiques du GIEC de 2015 à 2023, et est membre du Haut Conseil pour le Climat depuis 2018.

Par ailleurs, le comité Éthique en commun a publié le 28 juin un avis, fruit de la précédente mandature, sur l'exploration, l'exploitation et la préservation des milieux très faiblement anthropisés. L'étude du cas des grands fonds marins a permis au comité de fonder sa réflexion sur un sujet aux enjeux multiples. Le comité souligne la nécessité, en amont de chaque projet et tout au long de sa réalisation, de réfléchir aux enjeux de connaissance portés par l'ensemble des acteurs concernés.

Les équipes INRAE peuvent être accompagnées dans cette démarche par le dispositif d'accompagnement à la réflexion éthique sur les projets de recherche mis en place depuis 2022.

L'implication des agents dans les comités éthique des départements scientifiques et de nos partenaires soutiennent également la démarche autour de l'éthique.

© M. Houet, Université de Liège



Patrick
du Jardin

Président du
comité Éthique en commun

© F. Rhodes, CEA



Valérie
Masson-Delmotte

Vice-présidente du
comité Éthique en commun



Partager le sens du principe de laïcité, un engagement collectif

En 2024, la référente laïcité de l'institut a formé plus de 350 responsables métiers, directeurs et directrices à la laïcité. Elle a également co-animé le webinaire « Sens et valeurs de l'action publique » destiné aux nouveaux directeurs d'unité et encadrants de proximité. À l'occasion de la Journée nationale de la laïcité le 9 décembre, 2 vidéos ont été produites à destination de tous les agents : « Comprendre la laïcité avec Steve » et « La laïcité en action avec Léa ». Tout au long de l'année, une trentaine d'agents et de responsables lui ont demandé conseil en matière de respect de la laïcité.

En dehors d'INRAE, elle enseigne le droit de la laïcité à Sorbonne Université pour le diplôme d'université « référent laïcité-gestion du fait religieux ». Elle fait également partie du réseau des référents laïcité du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Un socle commun pour une recherche honnête et rigoureuse

En 2024, INRAE a déployé 2 modules de formation en ligne consacrés à l'intégrité scientifique. Le premier module, à destination de tous les agents (recherche comme appui), permet de sensibiliser à l'intégrité scientifique, d'apporter des définitions et de comprendre les enjeux. Ce socle commun peut être complété par le module d'approfondissement, à destination des personnels de recherche, afin d'appréhender l'intégrité scientifique à toutes les étapes d'un projet de recherche.

les lauriers

INRAE

Le 18 novembre 2024, 7 Lauriers ont été remis lors d'une cérémonie présidée par Philippe Mauguin, en présence de Patrick Hetzel, ministre de la Recherche et de l'Enseignement supérieur, et avec le soutien d'Annie Genevard, ministre de l'Agriculture, de la Souveraineté alimentaire et de la Forêt. Pour l'excellence de leurs travaux et leur impact pour la société, le jury international a récompensé 6 parcours remarquables et 1 collectif.



Xavier
Le Roux

Grand Prix

Les recherches de Xavier Le Roux ont démontré comment les microorganismes influencent la fertilité des sols, réduisent les émissions de gaz à effet de serre, ou encore peuvent limiter la pollution des sols. Largement reconnu à l'international, il est l'un des fondateurs du concept de Solutions fondées sur la Nature. Ses travaux soutiennent une agriculture plus résiliente sur le plan environnemental, économique et social.

Directeur de recherche, Laboratoire d'écologie microbienne, centre Lyon-Grenoble-Auvergne-Rhône-Alpes



Unité de recherche Fromage

Prix collectif Impact de la recherche

Depuis 1973, les recherches de l'unité apportent des solutions concrètes à la problématique de la sécurité sanitaire des fromages au lait cru, au service des éleveurs et producteurs et de l'ensemble de la filière fromagère. L'équipe travaille notamment sur le rôle de la flore microbologique du lait sur la qualité des fromages AOP et la viabilité de ces productions face aux effets du changement climatique.

Centre Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes



Jaap van Milgen

Prix Innovation pour la recherche

Les travaux de Jaap van Milgen ont pour but d'améliorer l'efficacité et la durabilité des systèmes d'élevage des porcs, volailles et lapins et d'en transférer les résultats vers les filières industrielles. Il élabore des modèles mathématiques permettant de calculer la juste ration pour combler parfaitement les besoins nutritionnels de chaque animal.

Ingénieur de recherche, unité Pegase, centre Bretagne-Normandie



Fanny Mondet

Prix Espoir scientifique ex aequo

Les travaux de Fanny Mondet portent sur la compréhension du comportement individuel et collectif des abeilles domestiques face au *Varroa*, un acarien prédateur. Ses recherches envisagent de nouvelles stratégies de lutte pour préserver la santé des ruches.

Chargée de recherche, unité Abeilles et Environnement, centre Provence-Alpes-Côte d'Azur



Léa Tardieu

Prix Espoir scientifique ex aequo

Léa Tardieu est spécialiste de la cartographie spatiale au service de l'aménagement du territoire. Ses travaux permettent la conception d'indicateurs qui prennent en compte les services écosystémiques dans leur dimension environnementale et socioéconomique.

Chargée de recherche, unité Information spatiale au service des territoires et de l'environnement, centre Occitanie-Montpellier



Thibault Datry

Prix Défi scientifique

Spécialiste de la biodiversité aquatique, Thibault Datry s'intéresse aux rivières intermittentes. L'un de ses projets utilise la science participative pour cartographier les rivières intermittentes à l'échelle européenne. Ses travaux contribuent à promouvoir la gestion de l'eau comme bien commun.

Directeur de recherche, unité RiverLy, centre Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes



Sandra Fuentes

Prix Appui à la recherche

Sandra Fuentes pilote la stratégie de communication scientifique et institutionnelle d'un centre qui rassemble plus de 1 200 scientifiques, implantés sur 10 sites. Son expertise contribue à asseoir la visibilité des sujets des nombreuses thématiques de recherche d'INRAE.

Responsable communication, centre Occitanie-Toulouse



Prix et distinctions



Prix de l'Académie d'agriculture de France

Treize médailles de l'Académie d'agriculture de France remises aux chercheuses et chercheurs INRAE

Trois médailles d'or ont récompensé des carrières exceptionnelles.

Marie-Josèphe Amiot, directrice de recherche de l'unité MOISA, éminente experte en nutrition, a voué sa carrière à promouvoir une alimentation saine. Ses recherches ont intégré les disciplines de la santé et des sciences humaines et sociales.

Hélène Bergès a piloté la création du Centre français des ressources génomiques (CNRGV) à Toulouse, une immense bibliothèque de ressources génomiques, gérant plus de 40 millions de fragments de génome, devenue une référence internationale.

Frédéric et Marion Gosselin, ingénieurs de l'unité EFNO, ont contribué au progrès des connaissances sur la biodiversité en forêt et au développement de pratiques favorables.

Trois médailles de vermeil ont été remises pour des travaux promettant un fort impact.

Thierry Morvan, ingénieur de recherche de l'unité SAS, pour sa contribution à une meilleure connaissance du cycle de l'azote dans les systèmes de culture liés à l'élevage et pour sa contribution à une valorisation raisonnée des produits organiques résiduels.

Laurent Piet, ingénieur de recherche de l'unité SMART, pour ses travaux novateurs

sur l'hétérogénéité des exploitations agricoles, l'évolution de leur structure et de leur taille et ses analyses sur le revenu des agriculteurs.

Michel Venetier, ingénieur de recherche de l'unité RECOVER, a contribué à l'approfondissement des connaissances en écologie forestière en région méditerranéenne.

Sept médailles d'argent Dufrenoy ont été décernées aux meilleurs travaux de thèse soutenus l'année précédente.

Samy Chelil, pour sa thèse sur la modélisation hydrologique du transfert des nitrates dans des drainages artificiels. **Adeline Cortesi**, pour son doctorat sur l'impact environnemental des produits alimentaires. **Anaïs Echchatbi**, pour sa thèse en sociologie analysant l'origine, le développement et les limites de filières céréalières alternatives. **Leticia Magno Massuia de Almeida**, pour ses travaux sur les effets des stress thermiques sur le colza. **Alice Maison** pour sa thèse sur l'impact des arbres sur la qualité de l'air en ville. **Théo Martin**, pour ses recherches pluridisciplinaires sur la robotisation de la traite. **Gaëtan Noual**, pour sa contribution novatrice à la compréhension du rôle des forêts sur le cycle de l'eau.



Prix de l'American Oil Chemists' Society

Marie-Caroline Michalski est lauréate du Ralph Holman Lifetime Achievement Award de l'American Oil Chemists' Society, société savante dédiée à faire progresser la science des huiles et des matières grasses pour des applications concrètes.

Prix de l'Académie des sciences

Le Prix Dujarric de la Rivière décerné par l'Académie des sciences a été attribué à **Didier Boichard** pour ses travaux sur la génétique des bovins. Il a été pionnier de la sélection génomique en France, une méthode qui a marqué un tournant dans l'élevage bovin.

Prix jeunes talents France L'Oréal-UNESCO pour les femmes et la science

Madeleine Kubasch, biomathématicienne, est récompensée pour ses travaux sur la modélisation d'une épidémie.

Prix du développement local et territorial

André Torre, président du centre INRAE de Corse, est récompensé par le 1^{er} prix.

Médaille de l'amitié du gouvernement chinois

Pour son rôle majeur dans une collaboration scientifique franco-chinoise (laboratoire BiPi qui étudie les interactions bactéries-insectes-plantes), **Emmanuelle Jacquin-Joly** a été distinguée par Pékin.

Prix jeune chercheur de l'Organisation européenne de biologie moléculaire

Charlotte Kirchhelle, chercheuse dans le domaine de la biologie cellulaire et du développement des plantes, reçoit le Prix Young investigator de l'EMBO.



Marie-Josèphe Amiot



Thierry Morvan



Laurent Piet



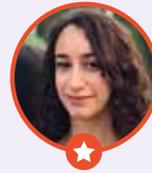
Michel Vennetier



Samy Chelil



Adeline Cortesi



Anaïs Echchatbi



Hélène Bergès



Lethicia Magno Massuia de Almeida



Alice Maison



Théo Martin



Frédéric et Marion Gosselin



Gaétan Noual



Marie-Caroline Michalski



Didier Boichard



Madeleine Kubasch



André Torre



Emmanuelle Jacquin-Joly



Charlotte Kirchhelle

© D.Richard



Communication

Les attentes de la société comme de nos publics professionnels et institutionnels sont de plus en plus fortes au regard des défis posés par le changement climatique. Le réseau de communication a mis en valeur la large gamme de solutions qu'INRAE a développées. Pour valoriser les résultats des travaux de l'institut, diverses actions menées sur le terrain comme sur tous nos canaux et supports se sont développées.

Les journalistes dans les labos, sur la piste des solutions de demain

Tout au long de l'année, en complément des dossiers de presse donnant à voir une multitude de résultats issus des recherches d'INRAE, plusieurs visites presse de terrain, dans les unités expérimentales et dans les laboratoires, ont permis d'illustrer concrètement chaque enjeu à l'échelle d'un territoire : à Mirecourt dans les Vosges en février pour faire découvrir un dispositif expérimental de rupture en polyculture-élevage ; à Avignon en juin autour du rôle des abeilles et nos solutions pour concilier production apicole, agricole et préservation des pollinisateurs ; sur l'unité expérimentale du Pin en Normandie en septembre pour mettre en avant les systèmes d'élevage bovin de demain. Et en octobre, les journalistes ont pu découvrir les tous nouveaux labos de Ferments du Futur sur le plateau de Saclay lors de leur inauguration officielle.

Salon de l'agriculture 2024, parc des expositions de la porte de Versailles.
©INRAE - B. Nicolas / C. Maître





Partenariats 2024 : rendre nos recherches accessibles à un large public

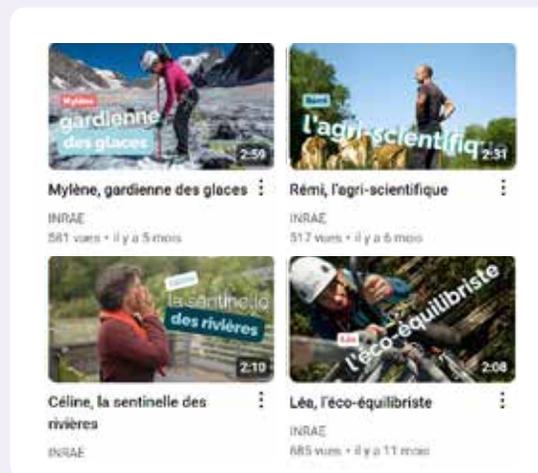
INRAE contribue à *The Conversation* dont il est membre fondateur, média en ligne reconnu pour combiner expertise universitaire et exigence journalistique. En 2024, 45 articles ont été publiés par des scientifiques de l'institut, la moitié dans la rubrique environnement. Avec plus de 900 000 vues sur ces articles, INRAE a l'une des plus fortes audiences parmi les établissements publics de recherche. Ces articles *The Conversation* offrent une visibilité complémentaire à celle des publications produites pour inrae.fr.

À Nantes, le festival Les Utopiales, dont INRAE est partenaire, fait cohabiter les univers de la recherche et de la science-fiction. 10 chercheurs et chercheuses INRAE ont participé à l'édition 2024 sur le thème de l'harmonie. Ils ont pu confronter leurs travaux de recherche avec la fiction développée par de nombreux auteurs de romans, BD ou de films, dessinateurs, plasticiens et créateurs de jeux vidéo pour donner à réfléchir sur notre avenir.

Par ailleurs, un film documentaire de 73 minutes qui met en avant les travaux d'une doctorante INRAE, *Méandres ou la rivière inventée*, a reçu la mention spéciale du jury grand public du festival Paris-science.

Portraits vidéo : quand les métiers INRAE deviennent de vraies aventures

L'institut est riche d'une diversité de métiers extraordinaires. Pour en rendre compte au grand public, en quelques minutes, une collection de portraits fait découvrir le quotidien de Mylène, la gardienne des glaces, ingénieure d'études, glaciologue et cartographe à l'IGE de Grenoble ; de Vincent, le gardien des profondeurs, ingénieur de recherche à l'unité EABX en Gironde, qui plonge dans des lacs pour étudier les relations entre les plantes et leur environnement ; de Léa, l'éco-équilibriste, chercheuse à l'unité RECOVER, qui grimpe au sommet des pins pour mieux comprendre l'écosystème forestier en situation de sécheresse ; de Céline, la sentinelle des rivières, hydro-écologue de l'unité HYCAR, qui étudie les poissons migrateurs dans l'Oise et de Rémi, l'agri-scientifique, qui est responsable de la santé des vaches et des moutons à Mirecourt au sein de l'unité ASTER.



Accompagner le développement du réseau communication

Dans le cadre du plan de développement des compétences 2023-2025, la Formation tout au long de la vie et la direction de la Communication ont mis en place un dispositif de formation et d'accompagnement afin de professionnaliser les filières communication et les communicants, qu'ils soient de métiers ou occasionnels : l'opportunité de monter en compétences et de suivre les évolutions de leurs métiers, notamment dans le domaine de la communication sur les réseaux sociaux et de l'IA. Tous les membres du réseau de communication de l'institut, du national, des centres, des départements et des directions d'appui, ont pu bénéficier de ces formations.

Des recherches de terrain pour des solutions grandeur nature au Salon de l'agriculture

Pendant 9 jours, du 24 février au 3 mars, plus de 200 femmes et hommes, techniciens, ingénieurs et chercheurs d'une vingtaine d'unités et installations expérimentales INRAE ont présenté leurs travaux au Salon international de l'agriculture. L'occasion de mettre à l'honneur ces sites de recherche qui élaborent au quotidien des solutions dans les territoires avec les acteurs du monde agricole. Le stand présentait des solutions pour produire mieux et autrement, pour faire face aux défis du dérèglement climatique et pour préserver la biodiversité et les ressources naturelles.



Salon de l'agriculture 2024, parc des expositions de la porte de Versailles.
©INRAE - B. Nicolas / C. Maître





Organisation et chiffres-clés 2024





Instances



Conseil d'administration

Composition au 31 décembre 2024

Président

Philippe MAUGUIN, président-directeur général d'INRAE

Représentants de l'État

- Benoit BONAIMÉ, directeur général de l'enseignement et de la recherche, ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté alimentaire et de la Forêt (titulaire)
- Cyril KAO, chef du service de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, direction générale de l'enseignement et de la recherche, ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté alimentaire et de la Forêt (suppléant)
- Corinne BOREL, cheffe du service de la stratégie de la recherche et de l'innovation, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (titulaire)
- Anne PUECH, cheffe du secteur environnement, agronomie, écologie, sciences du système terre et de l'univers (DGRI SSRI A1), ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (suppléante)
- Amélie COANTIC, adjointe au commissaire général au développement durable, commissariat général au développement durable, ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques (titulaire)
- Thierry COURTINE, chef du service de la recherche et de l'innovation, ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques (suppléant)
- Yoann GENESLAY, adjoint à la sous-directrice de la 3^e sous-direction du budget, direction du budget, ministère de l'Économie des Finances et de l'Industrie (titulaire)

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

- Elisabeth CLAVERIE-DE-SAINT-MARTIN, présidente-directrice générale du Cirad
- Laurent BUISSON, directeur général d'AgroParisTech

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 du groupe AVRIL
- Antoine HUBERT, directeur de l'innovation et porte-parole de la société YNSECT
- Laurence SELLOS, présidente de la chambre d'agriculture de Seine-Maritime

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

- Christophe BÜREN, président du groupe VIVESCIA
- Anne-Claire VIAL, présidente de l'Acta-les instituts techniques agricoles, membre du Conseil économique, social et environnemental (CESE)

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

- Selma AMIMI, chargée de mission alimentation et développement durable, Association consommation, logement et cadre de vie (CLCV)
- Maud LELIÈVRE, présidente de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)

Représentants élus du personnel de l'établissement

Titulaires

Anne DE LA FOYE,
CFDT-INRAE
Frédérique HILLIOU,
CFDT-INRAE
Éric LATRILLE, CGT-INRAE
Elzbieta FRAK, CGT-INRAE
Baptiste HAUTDIDIER,
SUD Recherche-INRAE

Suppléants

David CHARAMEL, CFDT-INRAE
Sabine RICHARD,
CFDT-INRAE
Gilles BOUTET, CGT-INRAE
Isabelle DENIS, CGT-INRAE
Fanny GUYOMARC'H,
SUD Recherche-INRAE

Conseil scientifique

Composition au 31 décembre 2024

Présidence

- Philippe GILLET, professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (président)
- Sylvie BAUDINO-CAISSARD, directrice du laboratoire Biotechnologie végétale à l'université de Saint-Étienne (vice-présidente)

Membres INRAE

- Philippe MAUGUIN, président-directeur général
- Carole CARANTA, directrice générale déléguée science et innovation

Membres de droit

- Ministère chargé de l'Agriculture : Lauric CÉCILLON (titulaire), chef du bureau de la recherche et de l'innovation (BRI), sous-direction de la recherche, de l'innovation et des coopérations internationales, service de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, direction générale de l'enseignement et de la recherche (DGER) / Sofia MLALA (suppléante), chargée de mission au BRI
- Ministère chargé de l'Environnement : Marc MORONI (titulaire), sous-directeur de la recherche, service de la recherche et de l'innovation (SRI) du commissariat général au développement durable (CGDD) / Céline COUDERC-OBERT (suppléante)
- Ministère chargé de la Recherche, de l'Enseignement supérieur et de l'Innovation : Anne PUECH (titulaire), cheffe du secteur environnement, agronomie, écologie, sciences du système Terre et de l'univers, service de la stratégie de la recherche et de l'innovation (SSRI) de la direction générale de la recherche et de l'innovation (DGRI)

Membres nommés

En qualité de personnalités désignées en raison de leurs compétences scientifiques

- 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
- Thierry LEFRANÇOIS, directeur du département Systèmes biologiques-BIOS du Cirad

Au titre de leur appartenance au monde économique, à des instituts, associations ou centres techniques et de développement, ainsi que des industries des secteurs liés à l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

- Antoine BAULE, président d'Odyssee consult
- 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
- Xavier LITRICO, directeur général de Gaïa centre R&D de LVMH dédié aux enjeux de luxe durable

Au titre des personnalités scientifiques étrangères, dont certaines exercent leur activité dans un pays de l'Union européenne autre que la France

- Teresa FERREIRA, professeur au département des ressources naturelles de l'université de Lisbonne, Portugal
- Élisabeth GRAF-PANNATIER, directrice régionale de Reusstal, fondation de protection de la nature, Suisse
- 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 THIOUET-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 : Corentin BARBU

CFTC : Stefano COLLELA

CGT : Jean-Louis DURAND

SUD : Cyril DUTECH

Les Commissions scientifiques spécialisées (CSS) et leurs présidents

CSS N°1 - Agronomie, Élevage, Forêt

Magali JOUVEN

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

Wafa ACHOUAK

CSS N°3 - Biologie intégrative des plantes

Nicolas ROUHIER

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

Karen MC COY

CSS N°5 - Génétique végétale et animale

Pierre BOUDRY

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

Étienne 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

Carole PROST

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

Sandrine MESPLE-SOMPS

CSS N°13 - Soutien et Pilotage de la recherche

Patrick FLAMMARION

Comité Éthique en commun INRAE - Cirad - Ifremer - IRD

Composition du Comité d'éthique

Patrick DU JARDIN, président du Comité d'éthique
Ingénieur agronome, docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique, spécialiste de la physiologie et de la nutrition des plantes. Professeur à l'université de Liège, faculté Gembloux Agro-Bio Tech.

Valérie MASSON-DELMOTTE, vice-présidente du Comité d'éthique
Ingénieure de l'École centrale Paris, docteur en physique des fluides et des transferts. Directrice de recherche CEA au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (université Paris-Saclay). Membre du Haut conseil pour le climat de 2018 à 2024 et membre du Comité consultatif national d'éthique.

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.

Catherine BOYEN, directrice de recherche au CNRS, directrice de la Station biologique de Roscoff-Centre de recherche et d'enseignement en biologie et écologie marines, Sorbonne université-CNRS, docteure en biologie végétale.

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

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 Sciences-Po Paris, ingénieur agronome, docteur en sciences de l'évolution et écologie.

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.

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.

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.

Pere PUIGDOMENECH, professeur de recherche émérite 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.

Ricardo SERRÃO SANTOS, professeur à l'université des Açores. Membre permanent de l'Académie portugaise des sciences et membre émérite de l'Académie portugaise de la marine. Ancien pro-recteur à l'université des Açores et président de l'Institut interuniversitaire de recherche marine au Portugal. Ancien député au Parlement européen et ministre de la Mer. Docteur en biologie animale et écologie.

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

Secrétariat commun

INRAE : Claire LURIN, secrétaire générale

Cirad : Estelle JALIGOT

Ifremer : Marianne ALUNNO-BRUSCIA

IRD : Ghislaine THIRION



Effectifs ressources humaines et budget

8 005

agents titulaires
(ETPT*)

52 %
4 157 femmes

48 %
3 848 hommes

2 021 chercheurs

3 265 ingénieurs

2 719 techniciens

2 811

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).
[données année 2024]

Subvention pour charge
de service public

864,4 M€

Ressources propres

287,8 M€

Ressources propres contractuelles
213,1 M€

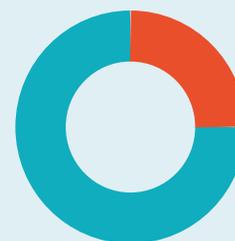
ANR	37,3
PIA	17,8
France 2030	15,6
EXPLORAE	2,2
Autres établissements publics	17,5
Collectivités territoriales	31,6
Europe	46,4
Ministères et services de l'État	10,5
Organ. de rech. et d'enseignement sup.	6,9
Partenaires socioéconomiques	27,5

Ressources propres non contractuelles
74,7 M€

Subventions affectées	7,7
Dons et legs	0,6
Redevance pour brevets, licences	5,5
Prestations de services	15,5
Ventes de produits	18,0
Autres subventions	11,5
Autres produits de gestion courante	13,2
Produits financiers et exceptionnels	2,7

Ressources 2024

1 152,2 M€



75,02 %

Subvention pour charge
de service public

24,98 %

Ressources propres



Partenariat et innovation

Partenariats socioéconomiques

Nouveaux contrats de partenariats avec des partenaires socioéconomiques 394

Nombre de dispositifs de partenariats avec des partenaires socioéconomiques

- 23 unités mixtes technologiques (UMT)
- 5 Carnot
- 11 Labcom
- 15 laboratoires partenariaux associés (LPA)
- 3 démonstrateurs pré-industriels
- 107 start up créées entre 1999 et 2024
- 79 nouveaux doctorants CIFRE

125

Propriété intellectuelle

Déclarations d'invention et de résultats valorisables 132

Nouveaux brevets déposés 35

Nouveaux certificats d'obtention végétale (COV) 30

Prématuration

Financement 704,4 k€

Consortium AgriO

Entreprises labélisées 57

Valorisation

Nouvelles licences et accords de valorisation de brevets, logiciels, bases de données, savoir-faire secret, marques payantes 37

Nouvelles licences sur COV 31

Recettes

Contrats de recherche avec les partenaires socioéconomiques 27,5 M€

Licences sur les certificats d'obtention végétale (COV) 2,96 M€

Licences sur brevets et savoir-faire et logiciels 2,46 M€



Filiales



Avec un fonds de plus de 1 600 titres et environ 50 nouveautés par an, les éditions Quæ visent depuis leur création en 2006 à favoriser les échanges entre scientifiques, la transmission des savoirs et savoir-faire, l'aide à la décision et au débat public, sur des thèmes aussi variés que l'agriculture et l'environnement, la biodiversité et le changement climatique, l'océan et les ressources marines, l'alimentation et la santé. Les éditions Quæ s'inscrivent dans une perspective de coexistence durable de deux modalités complémentaires d'édition : le numérique et le papier. Quæ propose des ouvrages en accès ouvert au format pdf, ePub et audio. Les ouvrages sont disponibles sur quae.com et en librairie, sur des plateformes internationales, ainsi que sur quae-open.com et doabooks.com. La maison d'édition élargit actuellement sa diffusion à une communauté internationale francophone et anglophone.



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.



Château Couhins, grand cru classé de graves en 1959, a été acquis par INRAE en 1968. Ce classement confère à Couhins une formidable reconnaissance et une responsabilité patrimoniale. Avec un nouveau statut juridique de SAS depuis avril 2018, l'équipe de Couhins poursuit le travail engagé depuis 25 ans vers une production vitivinicole durable, de très grande qualité, et respectueuse de l'environnement. La certification des vins en agriculture biologique depuis le millésime 2022 constitue une étape d'une démarche agroécologique ambitieuse. Le domaine accueille une thèse sur la co-conception d'un modèle agroécologique. Cette année 2024, la phase des travaux en atelier avec ouverture vers l'extérieur (chercheurs, vignerons, associations, etc.) a particulièrement bien avancé.

En quelques chiffres :

- 33 ha de vignes
- Production annuelle : 160 000 bouteilles
- CA : 1,6 M€
- Effectifs : 15 ETP



Fondée en 1983, Agri Obtentions, filiale d'INRAE, est un semencier français multi-espèces 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 de légumineuses, céréales et plantes de service. Agri Obtentions propose aussi une gamme de variétés adaptées aux associations et aux mélanges d'interculture et est impliqué dans l'innovation en potagères.

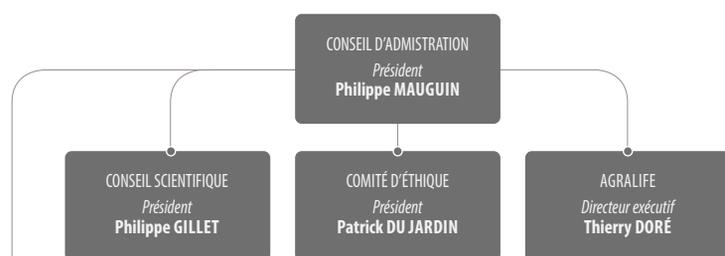
En quelques chiffres :

- 14,279 M€ de chiffre d'affaires (CA) réalisé en France et en Europe
- 35,66 % du CA investi en recherche et développement
- 1 107 licences
- 11 groupes d'espèces et 433 variétés diffusées



Organigramme

2024



COLLÈGE DE DIRECTION

PRÉSIDENTE - DIRECTION GÉNÉRALE



DIRECTEURS SCIENTIFIQUES



DIRECTIONS D'APPUI À LA RECHERCHE

Pierre MARIE Directeur des Relations internationales	Guy RICHARD Expertises scientifiques collectives, prospectives et études	Marion BARDY Appui aux politiques publiques
Valérie ARCHAMBAULT Partenariat et transfert pour l'innovation	Odile HOLOGNE Science ouverte	Frédéric GAYMARD Évaluation
Armelle CARNET Responsabilité sociétale et environnementale	Guillaume PINGET Patrimoine et Immobilier	Jean-Michel VANSTEENE Systèmes d'information
Pierre-Yves SAINT Appui au pilotage (DIAGONAL)	Cécile JANET Affaires juridiques	Florence RAFFRAY Coordination des services déconcentrés de l'appui à la recherche
Jean-Baptiste HERVOUET Financement et Achats		

Karine GUERITAT Administratrice du siège	Philippe MARTIN Agent comptable principal
---	---

DÉLÉGATIONS

Claire LURIN Déontologie, Intégrité scientifique, Éthique des projets	Catherine BEAUMONT Parité et lutte contre les discriminations
Nathalie GANDON Informatique et Liberté	Stéphane AYMERICH Infrastructures de recherche
Jean-Baptiste MERILHOU-GOUDARD Sciences avec et pour la société	David CAFFIER Sécurité biologique

MISSIONS

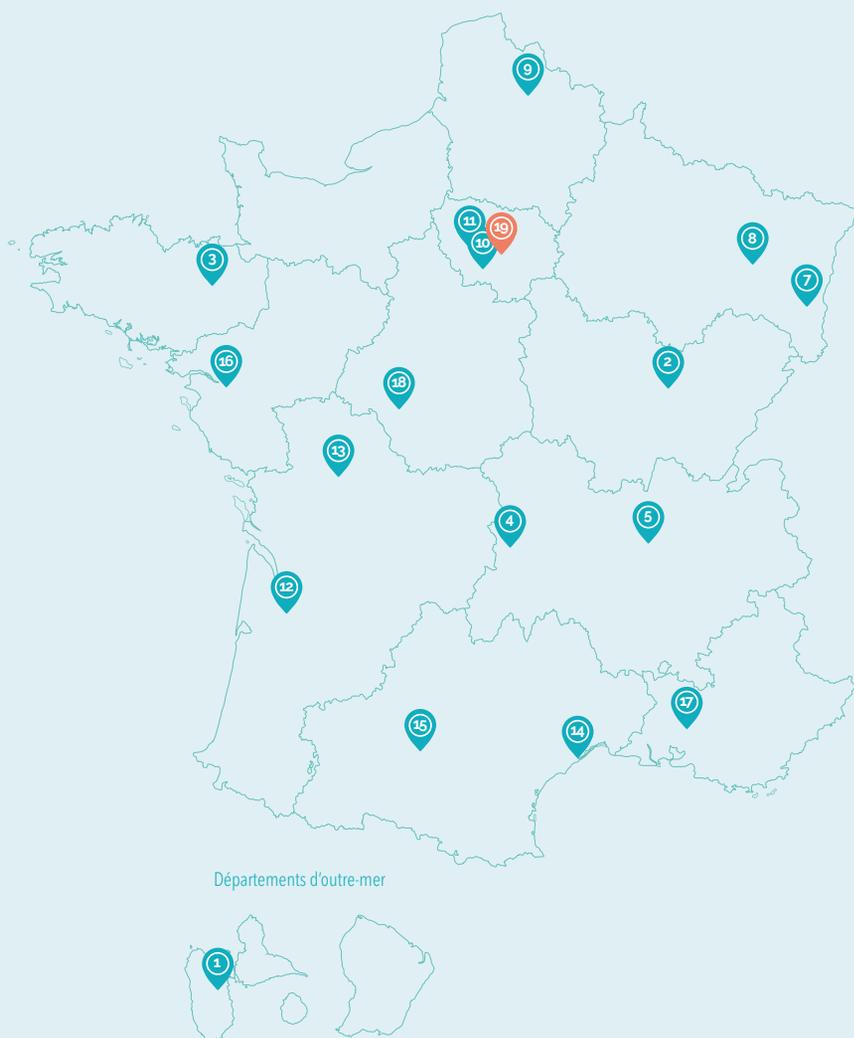
Nicolas BÉCARD Sécurité défense
Thomas LALLART Sécurité des systèmes d'information
Hadi QUESNEVILLE Administrateur des données scientifiques



Les 18 centres

(Au 31 décembre 2024)

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



Départements d'outre-mer

- 1 Antilles-Guyane
Président : Harry Archimède
- 2 Bourgogne-Franche-Comté
Présidente : Nathalie Munier-Jolain
- 3 Bretagne-Normandie
Président : Florent Guhl
- 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
Président : Christophe Schwartz
- 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 Lavialle
- 13 Nouvelle-Aquitaine-Poitiers
Président : Abraham Escobar-Gutierrez
- 14 Occitanie-Montpellier
Président : Sylvain Labbé
- 15 Occitanie-Toulouse
Président : Pierre-Benoit Joly
- 16 Pays de la Loire
Présidente : Emmanuelle Chevassus-Lozza
- 17 Provence-Alpes-Côte d'Azur
Président : Frédéric Carlin
- 18 Val de Loire
Président : Marc Guérin
- 19 **Centre-siège Paris-Antony**
Administratrice : Karine Gueritat



Les 14 départements de recherche

(Au 31 décembre 2024)

	Action, transitions et territoires Christophe SOULARD		Génétique animale Hélène GILBERT
	Agroécosystèmes Thomas NESME		Mathématiques et numérique Hervé MONOD
	Alimentation humaine Lionel BRETILLON		Microbiologie et chaîne alimentaire Christophe CHASSARD
	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 Johnny BEAUGRAND

Structures


205
unités
de recherche


42
unités
expérimentales


23
unités
de service

INRAE

Rapport d'activité 2024



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

Rejoignez-nous sur :



inrae.fr

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



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE

