



Liberté

Égalité

Fraternité

INRAE 2030 >

**Des recherches aux solutions,
nouvelles priorités et nouveaux défis
Focus sur les défis Recherche et Innovation**

Des recherches
aux solutions

Face aux crises, une ambition scientifique réaffirmée

Dans un monde en profonde mutation traversé par des crises multiples (climatiques, agricoles, géopolitiques et sociales), INRAE ajuste ses orientations stratégiques de recherche et précise son ambition pour les 5 prochaines années. À mi-parcours de la stratégie INRAE2030 lancée en 2021, l'institut intensifie son action fondée sur ses travaux d'excellence, en recherche fondamentale et appliquée. Les inflexions stratégiques répondent à l'urgence d'une transformation durable des systèmes alimentaires et environnementaux mais aussi à la nécessité de se maintenir au meilleur niveau dans un contexte de compétition scientifique internationale accrue, car sans souveraineté scientifique, il n'y aura pas de souveraineté alimentaire.

Les agriculteurs et les acteurs des systèmes agricoles et alimentaires sont confrontés à des défis majeurs de production et de compétitivité et il est plus que jamais nécessaire de soutenir des transitions qui combinent performance économique et environnementale, souveraineté et sécurité alimentaire, et équité sociale. Les attentes sont fortes vis-à-vis de la science et des partenaires de l'innovation pour passer des recherches à des solutions mobilisables par tous les acteurs.

Fort des nouvelles missions confiées aux organismes nationaux de recherche* et de son engagement dans des coalitions européennes et mondiales, INRAE s'affirme dans ce contexte comme un acteur clé à l'interface de nombreuses discipline et porteuse d'innovations pour relever, avec ses partenaires, les grands défis de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

L'institut a ainsi validé 5 orientations scientifiques prioritaires et 3 orientations politiques transversales, actualisées à l'aune de l'évolution des connaissances académiques et des attentes des pouvoirs publics.

Début 2026, INRAE se tourne vers l'avenir avec un objectif clair: répondre à de grands défis identifiés sur le court, moyen et long terme. **Au sein de ses 5 grandes priorités de recherche, l'institut a identifié 15 défis Recherche et Innovation sur des sujets clés, avec une ambition d'impact à 5 ans, et qui seront conduits pour et avec des partenaires socio-économiques.**

15

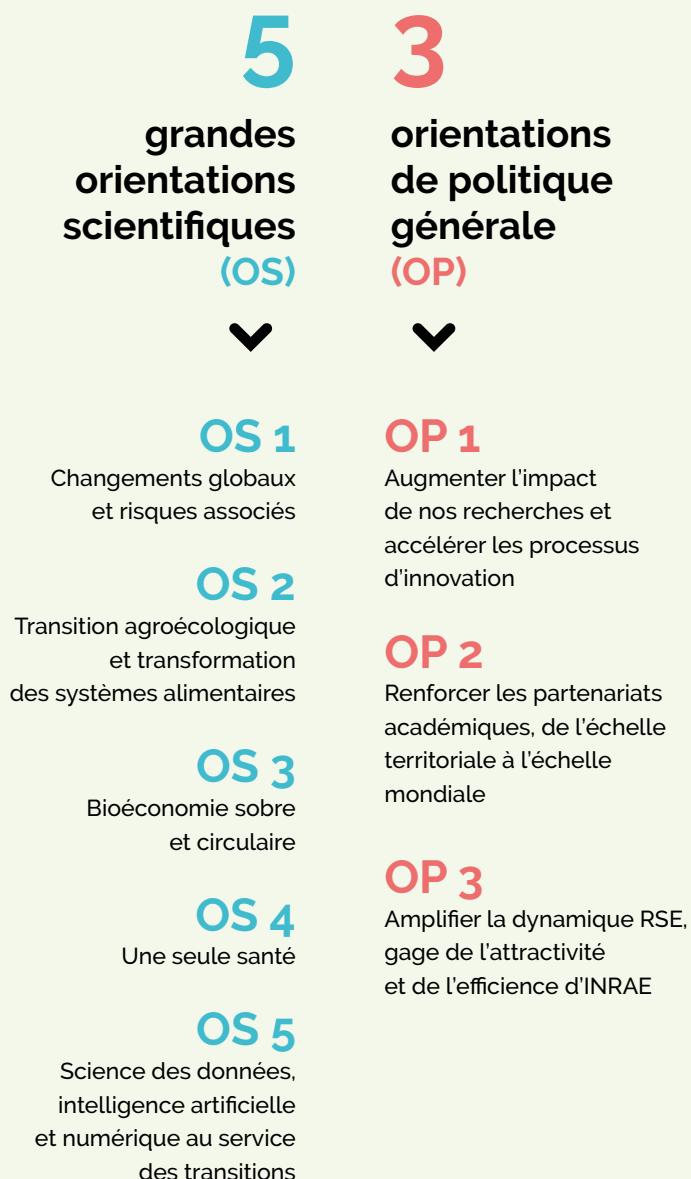
«**défis Recherche et Innovation**»
pour des solutions concrètes,
visibles et partagées à 5 ans

Les défis Recherche et Innovation du nouvel INRAE2030 visent à répondre à des enjeux scientifiques et sociaux prioritaires, avec un impact dans un délai de 3 à 5 ans. Ils mobilisent les expertises internes des 14 départements scientifiques d'INRAE en synergie avec des partenaires académiques et socio-économiques, en France et à l'international.

Construits de manière interdisciplinaire, ils s'organisent en mode projet autour d'objectifs clairs et de livrables précis. Ces défis renforcent l'agilité scientifique d'INRAE et sa capacité à produire des solutions concrètes, visibles et partagées.

*Pilotage de grands programme nationaux inter-organismes et création des agences de programme sectorielles (lancée fin 2023, Agralife est l'agence de programme coordonnée par INRAE sur le périmètre agriculture et alimentation durables, forêts, et ressources naturelles associées).

Ces 15 défis sont transversaux au service des priorités définies
dans les grandes orientations scientifiques :



15

défis Recherche et Innovation

OS 1

Changements globaux et risques associés

- Caractérisation et mobilisation des ressources génétiques
 - Nouveaux outils de pilotage des ressources en eau
- Dépérissement des forêts: de la surveillance au renouvellement des forêts

OS 2

Transition agroécologique et transformation des systèmes alimentaires

- Innovation pour la protection intégrée des cultures
- Nouvelles approches de surveillance et de vaccination pour la santé animale
 - Des systèmes agricoles et alimentaires bas carbone
- Innovations pour la souveraineté des filières protéiques végétales et fruits & légumes
 - Transformation des régimes alimentaires
- Commerce international des biens agricoles et alimentaires

OS 3

Bioéconomie sobre et circulaire

- Contribuer au leadership de la France et de l'Europe sur les biotechnologies
 - Développer la bioéconomie dans les territoires

OS 4

Une seule santé

- Favoriser des approches globales de la santé à l'échelle des territoires
- Mobiliser les microbiomes pour des innovations alimentaires favorables à la santé

OS 5

IA et numérique au service des transitions

- IA pour accélérer le transfert des innovations en agriculture
- Accélérer le développement des agroéquipements pour la transition agroécologique

Focus sur 5 d'entre eux



OS 1

DÉFIS RECHERCHE ET INNOVATION

Nouveaux outils de pilotage des ressources en eau



Contexte et enjeux

Le changement climatique modifie de façon significative le cycle de l'eau. Ainsi, les sécheresses et les excès d'eau se multiplient, accentuant la pression sur les ressources disponibles. L'agriculture est particulièrement touchée: les surfaces équipées pour l'irrigation ont été multipliées par 3 en 50 ans. C'est le cas des grandes cultures (le maïs reste la culture la plus irriguée, mais cette

part diminue au profit du soja, des pommes de terre et des betteraves), des légumes frais et des fruits. Enfin, la vigne à raisin de cuve connaît une hausse spectaculaire. Aujourd'hui, plus de 60 % de l'eau « bleue » (celle des rivières et nappes) sert à l'agriculture, dont plus de 90 % à l'irrigation. Avec une évapotranspiration prévue en hausse de 23 % d'ici la fin du siècle, la pression sur ces ressources va encore s'intensifier.

Objectif et méthodologie

Ce défi vise à concevoir de nouveaux outils de simulation d'évolution des ressources en eau dans les territoires agricoles pour mieux piloter la gestion de l'eau. Ces outils permettront de simuler différents scénarios d'évolution du climat et des ressources hydriques, dans un contexte de maintien ou de développement de la production en croisant avec le maintien des pratiques actuelles et de transition agroécologique, l'adoption de systèmes agricoles plus économies en eau ou encore de nouveaux aménagements de stockage.

Les travaux seront menés sur 3 bassins versants, choisis pour représenter la diversité des systèmes agricoles français : viticulture et maraîchage, grandes cultures, arboriculture et viticulture. Les zones seront sélectionnées parmi les projets de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE), où se croisent enjeux hydriques, agricoles et décisions locales.

Il associera des équipes de chercheurs d'INRAE et de l'ACTA, regroupant des compétences en hydrologie, en agronomie et en modélisation. L'ambition est de coupler les modèles hydrologiques et agronomiques aux projections climatiques afin de décrire les interactions entre les pratiques agricoles,

les ressources en eau et le climat. Ce couplage permettra de mieux comprendre les besoins en eau des plantes, le rôle du sol dans le stockage, et la répartition entre eau « verte » (pluie absorbée) et eau « bleue » (prélevée pour l'irrigation).

Principaux livrables à 5 ans

Le résultat principal sera d'obtenir une preuve de concept, démontrant la faisabilité d'une simulation d'évolution des ressources en eau intégrant à la fois les dynamiques hydrologiques et agricoles dans un contexte de changement climatique sur 3 bassins versants. Ces résultats permettront à terme d'envisager une extrapolation à l'échelle nationale.

Partenariats: Des partenariats sont prévus avec l'ACTA-Les instituts techniques agricoles dont Arvalis et Terres Innova et les agences de l'eau afin d'assurer une co-construction avec les acteurs du terrain. Le défi viendra compléter des programmes nationaux comme Explore2, OneWater ou ARBC2050, en apportant des connaissances nouvelles sur la gestion durable de l'eau agricole face au changement climatique.

Contacts scientifiques:
sami.bouarfa@inrae.fr
valerie.viaud@inrae.fr

OS 2

DÉFIS RECHERCHE ET INNOVATION

Nouveaux vaccins et évaluation de stratégies vaccinales pour la santé animale



©INRAE - C. Maitre

Contexte et enjeux

En France, en Europe et dans le monde, les maladies en élevage sont responsables de pertes de production avec un coût économique majeur. La modification des systèmes d'élevage, la globalisation des échanges, le changement climatique, accentuent les risques d'apparition et de transmission de nouveaux agents pathogènes. Elles font également peser un risque sur la santé humaine qui est étroitement liée à la santé animale et environnementale.

Chaque année la France doit faire face à plusieurs émergences (grippe aviaire H5N1, fièvre catarrhale ovine avec de nouveaux sérotypes BTV-3 et 8, maladie hémorragique épidéziootique des bovins, tuberculose bovine, dermatose nodulaire contagieuse...), tout en étant en veille constante sur les maladies qui sont à nos portes (maladie du dépérissement chronique des cervidés, peste porcine africaine, peste des petits ruminants, fièvre aphteuse, FCO sérototype 12). Le coût et les mesures de gestion liés à l'apparition d'une maladie réglementée (abattage, vaccination...)

sont considérables¹. Les vaccins ont démontré leur efficacité et la France a été pionnière en 2023 face à la grippe aviaire en rendant obligatoire la vaccination dans les élevages de canards permettant une protection quasi-totale de ceux-ci (efficace à 96 %) et limitant les conséquences économiques y compris en termes de possibilité d'exportations. La vaccination est une des réponses d'avenir pour les filières mais des progrès restent à faire sur plusieurs fronts: coût des vaccins, modalités d'utilisation, conception et évaluation de stratégies vaccinales pertinentes et efficaces.

Objectif et méthodologie

L'ambition est de concevoir de nouveaux vaccins et de nouvelles stratégies de vaccination en santé animale de façon complémentaire aux actions engagées dans le programme national de recherche «Élevages durables», en mobilisant notamment le numérique et l'intelligence artificielle.

De nouvelles connaissances scientifiques et méthodes sont nécessaires pour permettre de développer des vaccins qui soient utiles et attendus par les filières, c'est-à-dire qui ciblent les maladies prioritaires, tout en étant acceptables par les éleveurs (en termes de praticité, prix, efficacité) et soient industrialisables. Des vaccins à large spectre (couvrant plusieurs variants/sérotypes d'un même virus) et des vaccins DIVA (permettant la différenciation des animaux infectés des animaux vaccinés, et donc qui n'interfèrent pas avec la surveillance sérologique) sont particulièrement attendus. Les travaux seront conduits avec les industriels pour s'assurer le plus en amont possible que les solutions proposées soient industrialisables.

L'optimisation des stratégies opérationnelles de vaccination, via le numérique et l'IA, à l'échelle des territoires et à l'échelle nationale sera construite avec les acteurs de terrain pour assurer faisabilité et efficacité, et mobilisera les caractéristiques majeures des vaccins produits ou existants.

Principaux livrables à 5 ans

Cinq maladies sont visées: maladie hémorragique épizootique des bovins (MHE), dermatose nodulaire contagieuse (DNC), grippe aviaire, fièvre catarrhale ovine (FCO), syndrome dysgénésique et respiratoire porcin (SDRP), pour 4 espèces cibles: bovins, volailles, ovins, porcs. Ces maladies ont été choisies du fait de l'importance de se positionner sur des maladies phares pour les filières.

Livrable 1 à 5: développer avec nos partenaires publics et privés 4 vaccins en 5 ans (grippe aviaire, FCO, SDRP, MHE, DNC).

Livrable 6: un outil d'appui aux politiques publiques (APP) pour optimiser la mise en œuvre opérationnelle de stratégies de vaccination aux échelles territoriale et nationale. Cet outil sera testé sur la base d'un algorithme d'optimisation multi-critères adossé à un modèle épidémiologique représentant la circulation spatio-temporelle du virus. Cet outil sera testé dans un premier temps sur la vaccination des bovins contre la MHE, pour être ensuite réplicable sur d'autres maladies.

Partenariats: Anses, ENVF, ENVIT, industriels comme CEVA Santé animale, DGAL...

Contact scientifique:
pauline@ezanno.fr

¹. L'épisode de grippe aviaire (IAHP) de 2021-2022 en France a entraîné l'abattage de 22 millions de volailles. Le coût est estimé à 1,1 milliard d'euros pour la filière et 1,6 milliard d'euros pour la puissance publique.

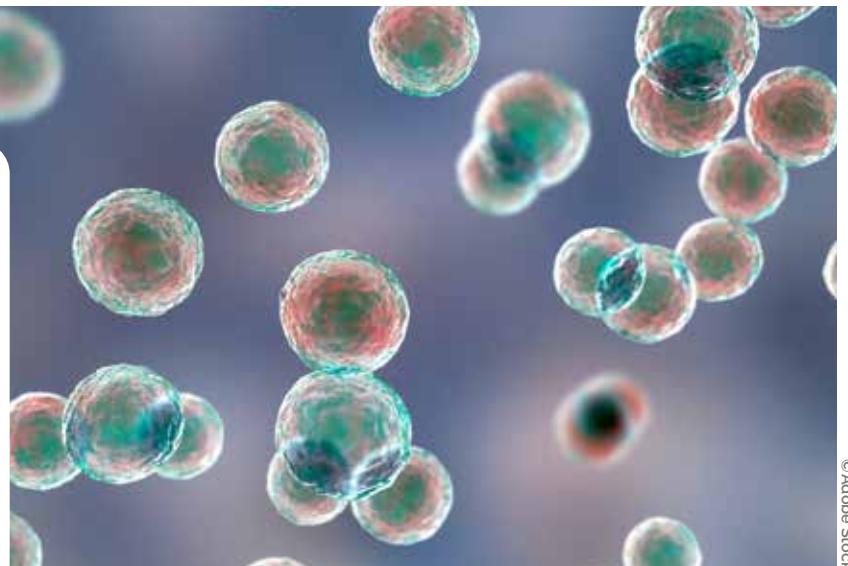
OS 3

DÉFIS RECHERCHE ET INNOVATION

Contribuer au leadership de la France et de l'Europe sur les biotechnologies : un jumeau numérique pour optimiser les bioprocédés

Jumeau numérique et IA

Un jumeau numérique est un modèle numérique qui reconstitue fidèlement un objet, un organisme, une opération ou un système tel qu'utilisé (ou maintenu/exploité). L'intelligence artificielle peut aider à calibrer, mettre à jour, adapter le modèle à de nouvelles conditions et permettre que le jumeau lui reste fidèle à travers le temps et les changements. Les algorithmes IA peuvent détecter des comportements inhabituels, anticiper des dérives ou des problèmes et permettre aussi d'optimiser de façon plus efficace les réglages.



Contexte et enjeux

La bioéconomie désigne les activités de production et de transformation de la biomasse – les ressources issues du vivant – destinées à l'agro-alimentaire (ingrédients et produits alimentaires), à la chimie (composés et produits biosourcés en alternative aux pétrosourcés) et à la production d'énergie (biogaz et biocarburants issus de co-produits ou déchets). Si les procédés de transformation de la biomasse reposent actuellement sur un large éventail de technologies, la contribution des

biotechnologies industrielles (ou biotechnologies blanches) est en croissance.

En mobilisant une recherche d'excellence dans ce domaine, l'ambition d'INRAE est d'accélérer l'innovation en biotechnologies en sécurisant un maillon critique de ces technologies complexes : le passage à l'échelle industrielle. Il s'agit pour cela d'intégrer l'intelligence artificielle, la modélisation prédictive et les jumeaux numériques afin de concevoir des procédés biologiques plus performants, robustes et durables.

Des démonstrateurs pré-industriels en appui

INRAE, co-pilote du PEPR Bioproductions (B-BEST) est déjà impliqué au sein de démonstrateurs majeurs dans ces domaines clés: alimentation fermentée (Ferments du Futur), biotechnologies et produits biosourcés (Toulouse White Biotechnology), innovations autour du microbiote intestinal (MetaGenoPolis), bioproductions au service des thérapies innovantes en santé humaine (Toulouse Biotechnology Institute) portées par le seul intégrateur industriel dans ce domaine en France (Toulouse Industrial Biotechnology for Health). Ces démonstrateurs permettent d'expérimenter des concepts, process et technologies numériques en phase de test mais dans un contexte réel, qui facilitent le passage de la recherche au marché.

Objectif et méthodologie

Le défi Recherche et Innovation vise à concevoir un prototype de jumeau numérique pour l'optimisation des bioprocédés, en capitalisant sur les outils déjà développés dans le cadre du projet européen BIOINDUSTRY 4.0 coordonné par INRAE². L'ambition est d'accélérer le temps de recherche & développement (R&D) et réduire les coûts associés à la mise au point de nouveaux bioprocédés.

Ce jumeau numérique intégrera des capteurs physiques et logiciels, des outils d'analyse de signaux et de rétroaction ainsi que des algorithmes d'apprentissage automatique et de gestion des données. Il sera capable d'interagir avec les bioréacteurs pour prédire, ajuster et optimiser les fermentations complexes et les procédés microbiens. Les modèles ainsi construits seront transférables à d'autres types de bioprocédés (fermentations alimentaires, production d'enzymes, biomatériaux, etc.), avec une perspective d'industrialisation via les démonstrateurs préindustriels.

Principaux livrables à 5 ans

Livrable 1: prototype opérationnel de jumeau numérique pour bioprocédés, intégrant boucle de commande et pilotage en temps réel.

Livrable 2: outils logiciels et modèles prédictifs transférables à d'autres procédés de bioproduction.

Livrable 3: démonstration préindustrielle sur les plateformes Ferments du Futur et TWB.

Livrable 4: analyse des gains économiques et environnementaux (réduction des dépenses d'exploitation et d'investissement, pureté accrue des productions, rendement amélioré).

Partenariats: Valorisation scientifique et partenariale via le réseau européen IBISBA.

Contacts scientifiques:

michael.lodonohue@inrae.fr

johnny.beugrand@inrae.fr

christophe.chassard@inrae.fr

². Il réunit 25 organisations publiques et privées issues de 10 pays européens, parmi lesquelles 6 infrastructures majeures de recherche européennes.

OS 4

DÉFIS RECHERCHE ET INNOVATION

Mobiliser les microbiomes pour des innovations alimentaires favorables à la santé



© Adobe Stock

Contexte et enjeux

Faire avancer les connaissances sur les écosystèmes microbiens alimentaires, humains ou animaux est une des clés pour faire émerger de nouvelles solutions et innovations en alimentation et santé humaine. La demande sociétale pour des produits à effets bénéfiques pour la santé est très forte. Les besoins technologiques sont immenses, que ce soit sur des marchés matures comme celui des aliments fermentés (représentants entre 5 à 40 % de notre alimentation) ou des

compléments alimentaires de type pré/probiotique (déjà consommés par plus du tiers des Français), ou encore sur des marchés émergents avec l'utilisation de microorganismes comme médicaments pour la santé humaine mais aussi animale.

Objectif et méthodologie

L'ambition est d'accélérer le transfert de résultats prometteurs issus de nos laboratoires vers les partenaires industriels pour

qu'ils deviennent demain des solutions microbiennes et/ou ciblant les microbiomes. Pour cela, il s'agit de :

- Développer des solutions pour l'alimentation en démontrant l'impact santé de nouveaux aliments dits « fonctionnalisés », permettant d'augmenter la densité nutritionnelle de l'alimentation par la fermentation, ou d'apporter des microorganismes pré/probiotiques d'intérêts pour la santé humaine au travers de nouveaux compléments alimentaires. Les équipes s'appuieront sur les résultats issus de nos laboratoires mais aussi ceux issus du Grand Défi Ferments du Futur (GDFF) pour fonctionnaliser de nouveaux aliments fermentés.
- Démontrer et développer le potentiel thérapeutique de nouvelles solutions microbiennes pour la santé humaine.

Pour ce faire, il s'agira de développer et valider de nouveaux modèles *in vitro* et *in vivo* pertinents pour démontrer l'impact santé d'aliments fermentés, de compléments alimentaires et de nouvelles solutions thérapeutiques microbiennes pour la santé humaine et animale.

Principaux livrables à 5 ans

Livrable 1: un aliment fonctionnalisé dont le bénéfice santé et/ou nutritionnel aura été démontré. L'objectif est d'utiliser les fermentations alimentaires pour produire de nouveaux aliments fermentés en augmentant leur densité nutritionnelle (enrichissement en micronutriments) ou en apportant d'autres bénéfices santé (activité anti-inflammatoire notamment).

Livrable 2: un nouveau complément alimentaire en réponse à un besoin en santé humaine: modulation de l'inflammation, prévention de la sarcopénie ou des désordres

métaboliques par exemple. L'objectif est de sélectionner des microorganismes alimentaires ayant des effets santé démontrés pour les utiliser comme complément alimentaire, sur la base des recherches sur des levures issues d'aliments fermentés pour moduler l'inflammation cellulaire ou encore le potentiel de bactéries lactiques pour limiter la fonte musculaire (sarcopénie) chez la personne âgée ou le patient immobilisé.

Livrable 3: une solution thérapeutique innovante associant un ou plusieurs microorganismes pour cibler une pathologie ou un syndrome humain. INRAE se concentrera sur les projets mobilisant des probiotiques de 2^e génération pour traiter des pathologies digestives chroniques (maladies inflammatoires ou infections récurrentes) ou encore sur les approches de transplantations fécales pour le traitement de diverses pathologies ou encore la prévention des désordres métaboliques associés aux traitements médicamenteux avec des entreprises partenaires.

Partenariats:

- Partenaires académiques (Inserm/CHU), CRNH et industriels susceptibles d'accompagner et/ou de porter des études cliniques.
- Écosystèmes européens de start-ups en alimentation et santé dont l'EU Agri-Food Biotech Alliance ou encore le cluster industriel sur les aliments fermentés en cours de construction.
- Démonstrateurs Metagenopolis (MGP) et GDFF ainsi que TWB/intégrateur TIBH pour la production de biothérapie en santé humaine.
- Spin-off INRAE et entreprises partenaires spécialisées dans les aliments fermentés et les solutions microbiennes pour la santé humaine et animale.

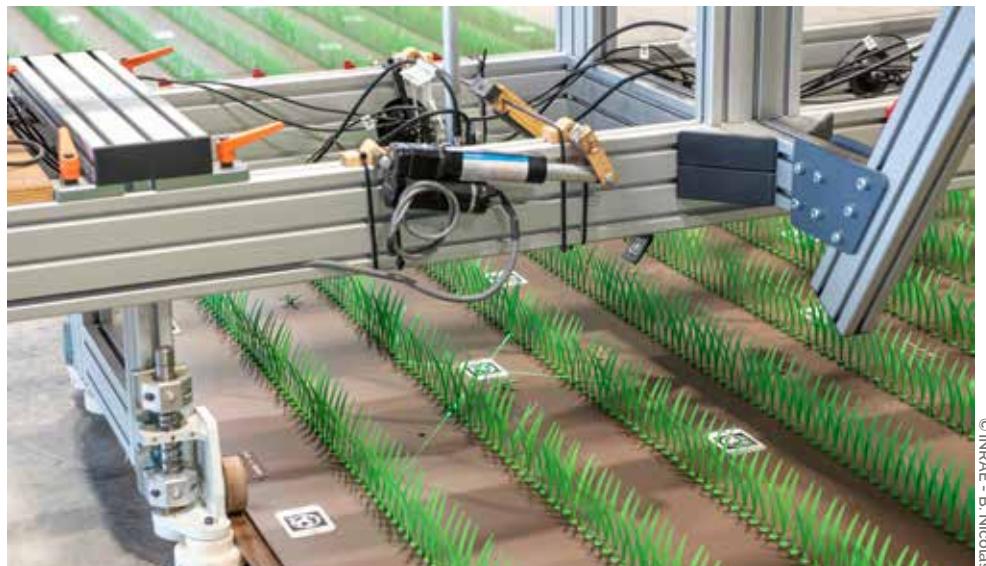
Contacts scientifiques:

christophe.chassard@inrae.fr
lionel.bretillon@inrae.fr

OS 5

DÉFIS RECHERCHE ET INNOVATION

Une IA pour accélérer le transfert des innovations en agriculture



© INRAE - B. Nicolas

Contexte et enjeux

L'intelligence artificielle (IA), véritable révolution technologique, apparaît comme un levier essentiel à explorer pour permettre à l'agriculture de relever les grands défis de demain, en particulier la transition agroécologique et l'adaptation au changement climatique. En facilitant le traitement rapide de grands ensembles de données, l'IA favorise non seulement la valorisation et la diffusion des savoirs et des innovations mais aussi

l'émergence et la mise à l'échelle de solutions concrètes pour les agriculteurs, par exemple en anticipant les risques sanitaires ou climatiques, en optimisant l'utilisation des outils de production ou de gestion, ou en déchargeant les agriculteurs de tâches répétitives. L'IA agit également comme un catalyseur du progrès scientifique, repoussant les limites de la connaissance et de l'innovation. L'IA offre de nombreuses opportunités mais présente également des risques. Son

développement doit s'accompagner d'une réflexion collective sur ses usages, ses avantages, ses limites et ses impacts.

Objectif et méthodologie

L'ambition est de faire de l'IA, en particulier générative, un outil de multi-performance économique, environnementale, sociale et agronomique, qui renforce la capacité d'innovation et de décision des agriculteurs et des chefs d'entreprises agroalimentaires, au service de la compétitivité et de la durabilité des systèmes agricoles et alimentaires français et européens.

Il contribuera au Grand Défi piloté par La Ferme Digitale, en partenariat étroit avec INRAE, INRIA et l'ACTA, dans le cadre de la stratégie nationale d'accélération SADEA «Systèmes agricoles durables et équipements agricoles contribuant à la transition écologique» de France 2030.

Principaux livrables à 5 ans

INRAE mobilisera les résultats issus de ses recherches, en particulier celles conduites dans le cadre du PEPR Agroécologie et Numérique qu'il co-pilote avec l'INRIA, et ses compétences pour:

- Co-construire avec ses partenaires des solutions à destination des agriculteurs (par exemple un outil de détection et de

reconnaissance des maladies végétales via l'application Pl@ntNet, et un outil de suivi en temps réel du bien-être animal).

- Contribuer au développement d'une infrastructure distribuée de données agricoles et de codes open source.
- Exploiter les données satellitaires (en mobilisant l'infrastructure de données d'observation du système terre Data Terra) qui ouvrent de nouvelles possibilités pour le secteur agricole, y compris à des échelles très localisées.

L'enjeu sera également de mobiliser des financements complémentaires pour déployer ce défi Recherche et Innovation et soutenir des projets orientés solutions portés par l'écosystème des start-up de l'Agtech.

Partenariats:

- La Ferme Digitale, ACTA, INRIA
- **Organisations agricoles, les coopératives et les acteurs du conseil agricole** (chambres d'agriculture, ONVAR, ODG), des instituts techniques
- **Les start-up et entreprises innovantes** (dont plusieurs lauréates France 2030), capables d'apporter des solutions techniques et organisationnelles ;
- **Des acteurs du spatial et du numérique** (ex. infrastructure Data Terra) pour enrichir les cas d'usage avec des données satellitaires et d'observation.

Contacts scientifiques:

carole.caranta@inrae.fr
claire.rogel-gaillard@inrae.fr



Centre-siège Paris-Antony
Service Médias et opinion
Tél.: +33 (0)1 42 75 91 86
presse@inrae.fr

Rejoignez-nous sur:



inrae.fr/presse

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

