



Centre
INRAE Val de Loire

INRAE



**Recherches en lien avec les filières
agricoles et forestières**

■ Filière Forêt.....	p. 4
■ Sols et environnement.....	p. 8
■ Filière avicole.....	p. 10
■ Filières ovines et caprines.....	p. 16
■ Filière bovine.....	p. 17
■ Filières animales toutes espèces.....	p. 19
■ Les unités expérimentales et de recherche du centre INRAE Val de Loire.....	p. 21



Le centre de recherche INRAE Val de Loire

Fort de ses recherches en biologie intégrative et gestion durable, de ses capacités expérimentales et de ses 963 agents, dont 580 titulaires, 142 CDD et 241 personnels de partenaires extérieurs, le centre INRAE Val de Loire mène des recherches autour de quatre axes : "Dynamique des sols et gestion de l'environnement", "Biologie intégrative des arbres et de la biodiversité associée pour la gestion durable des écosystèmes forestiers", "Biologie animale intégrative, durabilité des systèmes d'élevage", "Infectiologie et "Une seule santé"". Ces axes de recherche sont répartis sur quatre sites : Orléans, Tours, Nogent-sur-Vernisson et Bourges.

Le centre INRAE Val de Loire développe des recherches génériques et des études intégrées et pluridisciplinaires, sources d'innovations pour une meilleure durabilité des ressources naturelles et des systèmes agricoles et forestiers ainsi que de la biodiversité qui leur est associée. Grâce à ses plateformes technologiques, les analyses peuvent se faire aux différentes échelles de la molécule, de l'individu, des populations et des écosystèmes. L'imagerie permet désormais de visualiser et de suivre dans le temps les mécanismes physiologiques et physiopathologiques.

Répartis sur 1500 hectares, les dispositifs expérimentaux du centre permettent de développer de nouveaux modèles et d'étudier des ressources génétiques, animales, végétales ou microbiennes pour acquérir des données particulièrement originales. Ils ouvrent également la possibilité de tester de nouvelles démarches durables comme la méthanisation des effluents.



Accélérer les transitions agroécologique et alimentaire, en tenant compte des enjeux économiques et sociaux ; répondre aux enjeux environnementaux et gérer les risques associés constituent des défis majeurs qui, pour être relevés, nécessitent plus que jamais des coopérations fructueuses entre centres de recherche et organismes de développement.

Cette plaquette a pour but de porter à la connaissance des acteurs des sphères agricole et forestière les recherches du centre INRAE Val de Loire en rapport direct avec leurs filières de production et aisément transposables et applicables. Elle actualise une démarche initiée voici une quinzaine d'années qui avait déjà donné lieu à l'édition d'une première publication, avec l'ambition de constituer une aide à la co-construction de projets permettant de combiner les savoir-faire des chercheurs d'INRAE avec ceux des professions agricoles.

Ce document cherche à favoriser les coopérations entre acteurs du développement et acteurs de la recherche en évoquant des exemples de projets de recherches proches de l'action et des thématiques traitées au sein du centre INRAE Val de Loire sur les filières forêts, aviculture, ovins-caprins, bovins lait et des thèmes plus transversaux comme le sol et l'environnement.

Focalisée sur les perspectives applicatives, cette brochure ne prétend pas couvrir l'ensemble des activités des quatre sites (Orléans, Tours, Nogent-sur-Vernisson et Bourges) du centre qui est structuré autour de quatre axes scientifiques :

- Biologie animale intégrative et durabilité des systèmes d'élevage
- Infectiologie et "Une seule santé"
- Biologie intégrative des arbres et organismes associés, valorisation des ressources génétiques forestières
- Dynamique des sols et gestion de l'environnement

Plus généralement ce travail permet d'illustrer la capacité particulière affirmée par INRAE dès ses origines, à articuler l'intégration de résultats de recherches fondamentales avec la poursuite de finalités pratiques en se dotant des compétences et d'infrastructures de recherche adaptées à ces ambitions.

Grâce à ses unités expérimentales et environ 1 300 ha de dispositifs expérimentaux, le centre INRAE Val de Loire développe des recherches génériques et des études intégrées et pluridisciplinaires, sources d'innovations pour une meilleure durabilité des ressources naturelles et des systèmes agricoles et forestiers.

La réussite des interactions entre recherche et développement est fortement liée à la qualité des articulations au sein d'INRAE entre unités de recherche, unités expérimentales ou unités de services. Elle dépend aussi de la capacité à faire vivre un large réseau de partenaires en conciliant efficacité et pluralisme.

Marc Guérin

Président du centre INRAE Val de Loire



Filière Forêt

^
© NICOLAS Bertrand / INRAE
Visite d'un chantier de coupe de bois énergie.

✓ Impacts environnementaux des pratiques de bois énergie

Le bois énergie est une ressource renouvelable dont les usages se diversifient - bûches, plaquettes, granulés - et s'amplifient. De nouvelles méthodes d'exploitation voient le jour, notamment les coupes par arbres entiers pour approvisionner, en plaquettes forestières, les chaufferies et les centrales biomasse.

L'unité de recherche Ecosystèmes forestiers de Nogent-sur-Vernisson (EFNO) mène des recherches pour évaluer l'impact de ces nouvelles pratiques qui exportent toutes les parties de l'arbre, jusqu'aux plus petites branches, aussi bien sur la qualité des sols - fertilité - que sur les habitats pour la biodiversité. Nous participons à des réflexions et à des travaux à l'échelle nationale, et menons également des projets plus locaux en région Centre-Val de Loire : projets Defiforbois et Tamobiom. Ces derniers ont récemment

permis de réaliser une analyse de la sensibilité des sols forestiers de la région à la perte de fertilité et de fournir des résultats chiffrés des exports en biomasse et en éléments nutritifs selon différents scénarios et niveaux de prélèvements des bois. Ces éléments ont servi de base pour proposer des recommandations adaptées au contexte régional et développer un outil numérique pour aider les gestionnaires à évaluer le risque de perte de fertilité pour un site donné.

Nos travaux permettent d'accompagner les professionnels de la filière bois énergie qui souhaitent s'engager dans une démarche vertueuse en répondant à la demande croissante en énergie renouvelable tout en préservant les sols et la biodiversité.



Interactions gestion forestière et biodiversité

La filière forêt-bois, par une gestion durable et multifonctionnelle des forêts, doit assurer entre autres fonctions, la préservation de la biodiversité. La finalité de nos recherches est de proposer des recommandations de gestion forestière et d'aménagement du territoire en faveur de la biodiversité, de l'échelle de la parcelle à celle du paysage.

Dans cette optique, notre équipe cherche à identifier les pressions qui pèsent sur la biodiversité en ciblant ses travaux sur la flore, les insectes et les oiseaux mais aussi d'autres cortèges d'espèces en nous associant à d'autres équipes spécialisées. Nous étudions l'effet de gradients dans les pratiques, tels que l'intensité des éclaircies ou la préservation d'une plus ou moins grande quantité de bois mort en forêt, afin de déceler des seuils favorables. Nous comparons différentes options, telles que la sylviculture en mélanges d'essences ou en peuplement pur, la plantation d'essences autochtones ou exotiques pour identifier leur influence. Nous évaluons également les répercussions d'une modification du paysage, comme le morcellement ou l'ancienneté des forêts, sur les espèces qui y sont le plus sensibles. Nos travaux permettent de faire des préconisations pour la gestion forestière et pour le suivi de la biodiversité, en direct ou à l'aide d'indicateurs.

À ce sujet, nous testons l'utilisation des nouvelles technologies - capteurs, ADN environnemental, intelligence artificielle - pour amplifier les suivis dans un contexte de changements globaux.



© PARMAN Ghilhem / INRAE
À 20 m du sol, mesure de potentiel hydrique de feuilles
pour comprendre la réaction des arbres aux sécheresses répétées.





© MÅRELL Anders / INRAE

Concilier ongulés sauvages et écosystèmes forestiers

Nous étudions les effets à court et moyen termes des populations d'ongulés sauvages (cerf, chevreuil et sanglier) sur la diversité de la flore et le fonctionnement des écosystèmes forestiers de plaine. Les ongulés sauvages sont des acteurs déterminants de la dynamique forestière.

Principalement herbivores, ces animaux consomment la végétation herbacée et lignifiée du sous-bois. Ils modifient ainsi la diversité et la structure des habitats dont dépendent d'autres organismes, tels que les oiseaux pour se nourrir et nidifier. Nous avons aussi pu mettre en évidence leur contribution dans la dispersion à longue distance des graines. Cependant, les ongulés sauvages peuvent aussi perturber l'écosystème forestier, causant des pertes

économiques et contrariant ainsi les objectifs de production forestière. Plus particulièrement, nous quantifions les effets des ongulés sur la phase de renouvellement des peuplements forestiers et développons des outils d'aide à la décision, comme les protocoles de diagnostics et de suivis des dégâts.

Ces outils sont mis en place de manière concertée avec les différents acteurs impliqués. Par l'identification et l'analyse des perturbations et de leurs conséquences, l'objectif est de proposer des recommandations de gestion des habitats forestiers et des populations animales pour atteindre l'équilibre sylvo-cynégétique et assurer l'intégrité fonctionnelle des écosystèmes.

Valorisation de biomolécules du bois

Depuis de nombreuses années, l'unité BioForA coordonne des projets de valorisation de bois de robinier (*Robinia pseudoacacia*) en lien avec des partenaires industriels.

Deux projets régionaux coordonnés par BioForA ont permis de caractériser les molécules d'intérêt, d'améliorer leurs protocoles d'extraction et de transférer ces derniers au partenaire industriel pour des applications cosmétiques, dans un premier temps. L'obtention de grandes quantités d'extraits a ensuite permis de valider au laboratoire, en serre et au champ sur peuplier (rouille foliaire) et vigne (mildiou, collaboration avec l'Institut Français de la Vigne et du Vin de Tours), l'utilisation des extraits naturels à des fins phytosanitaires. Enfin, en se basant sur ses propriétés antimicrobiennes, l'unité a mis en place des expérimentations dans lesquelles les broyats de ce bois sont envisagés comme des paillages "bio-actifs" qui apporteraient directement la molécule antimicrobienne (dihydrorobinétine) au pied des plantes paillées. Impliquant deux autres partenaires industriels régionaux, leur efficacité prophylactique est en cours d'évaluation sur des plantes d'intérêt économique (vigne, tomate, oranger du Mexique, cyclamen) par divers acteurs R&D. Ces travaux ouvrent des perspectives intéressantes pour la protection des cultures dans le cadre d'une réduction de l'utilisation des pesticides de synthèse (répondant aux objectifs des actions nationales actuelles de type PPR Protéger et Cultiver Autrement et Plan EcoPhyto2+).

Phénotypage haut-débit

Dans le cadre de ses différents programmes, l'unité s'est également investie dans le développement d'outils de phénotypage haut-débit permettant l'analyse d'un plus grand nombre de géotypes en moindre temps et à moindre coût.

Par exemple, le projet régional PRESTO (2020-2022) coordonné par l'unité a ainsi pour ambition de développer des modèles de calibration SPIR (spectroscopie dans le proche infrarouge) corrélés à un nombre important de traits associés à des stress chez les arbres. À ce jour, les calibrations et les modèles de prédiction SPIR sont établis au laboratoire à partir du traitement de quelques centaines d'échantillons, très coûteux en temps et en main-d'œuvre. L'utilisation de nouveaux équipements portables de SPIR est maintenant envisagée sur le terrain et directement sur le matériel végétal afin de caractériser la réponse des plantes aux conditions environnementales sans passer par des prélèvements destructifs et l'ensemble des étapes nécessaires aux analyses de laboratoire.



Conseils et outils pour les gestionnaires forestiers

Les recherches menées par l'UMR BioForA permettent d'élaborer et de réactualiser les recommandations pour l'utilisation des matériels forestiers de reproduction. Il existe des fiches de conseil d'utilisation de ces matériels de seize différentes espèces. Plus récemment, l'UMR BioForA a participé aux projets Caravane, IKS puis ClimEssences pour répondre aux demandes croissantes de la filière forestière visant à mieux anticiper, en fonction des prévisions climatiques, l'évolution des aires de compatibilité des essences actuelles (50 espèces).

ClimEssences est disponible sur internet, il met à disposition une série d'aides pour améliorer les connaissances sur 149 espèces autochtones et allochtones, comprendre les évolutions du climat selon différents scénarios de changement climatique à l'échelle d'une région forestière et outiller la réflexion sur le choix des espèces. Ce site web est à disposition des gestionnaires forestiers en mode expert et au grand public en mode standard depuis 2021. Cet outil d'aide à la décision a vocation à évoluer tant en nombre de fiches d'espèces qu'en intégration de nouveaux scénarios climatiques.



© NICOLAS Bertrand / INRAE
Dépérissement des arbres en forêt en 2020.



Innovation variétale et conservation de ressources génétiques forestières

L'unité BioForA gère depuis de nombreuses années les programmes d'amélioration et de conservation d'espèces forestières d'importance économique majeure (pin sylvestre, douglas, mélèzes, peupliers, merisier, frêne...).

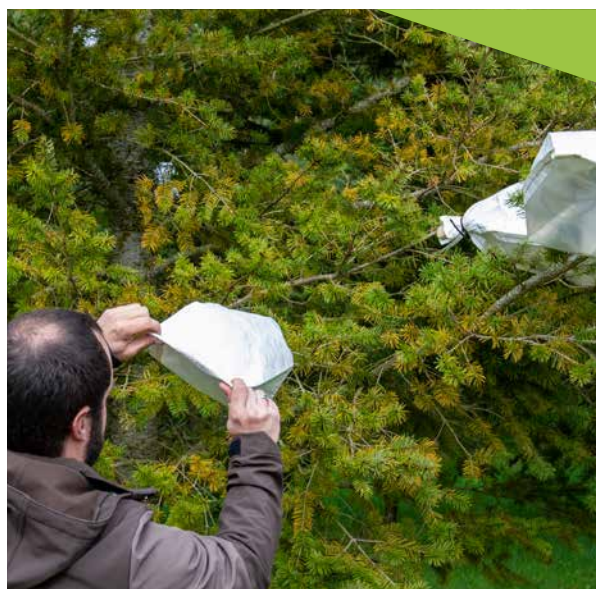
Conjointement, les unités EFNO et BioForA contribuent à l'appui aux politiques publiques du ministère chargé de l'Agriculture en matière de ressources génétiques. Cet appui porte sur quatre domaines : la conservation des ressources génétiques forestières ; la sélection de peuplements porte-graines ; le développement et le suivi des vergers à graines de l'Etat, le suivi des ventes de plants.

En appui au ministère en charge de l'Agriculture, INRAE assure le secrétariat technique de la Commission des Ressources Génétiques Forestières (CRGF) et conduit le programme national de conservation des ressources génétiques des trois espèces d'ormes indigènes, victimes de l'épidémie de graphiose, du peuplier noir, du frêne et du pin sylvestre.

De plus, dans le cadre de recherches visant à trouver des solutions aux problématiques du changement climatique, l'unité a également mis en place des programmes d'amélioration d'autres espèces dites "orphelines", qui sont utilisées en foresterie et en agroforesterie. Ces travaux ont abouti à ce jour à la création de 23 variétés potentielles sous forme de futurs vergers à graines pour les aulnes, érables, tilleuls, châtaigniers, charmes, frênes à fleurs, noisetiers de Byzance, cormiers, alisiers, féviers d'Amérique, pommiers sauvages, poiriers sauvages, bouleaux et chênes pubescents. Les critères de sélection intensive utilisés (croissance, forme) ont pour l'instant uniquement été appliqués en pépinière de production, dans le cadre d'une stratégie "low-cost breeding". Enfin, au niveau européen, l'UMR joue depuis plusieurs années un rôle moteur dans la recherche en génétique forestière et amélioration et dans la structuration de l'espace européen de la recherche autour de ces disciplines.

© NICOLAS Bertrand / INRAE

Sacs de pollinisation croisée sur un sapin Douglas.





Sols et environnement

© NICOLAS Bertrand / INRAE
Préparation de mise en sachets d'échantillons de sol.



Mission nationale d'inventaire et de surveillance des sols

Le sol est un milieu crucial tant pour la production de notre alimentation que pour soutenir de nombreux services écosystémiques comme la quantité et la qualité de l'eau, la régulation du climat... C'est un maillon clé du développement durable de nos sociétés : la vie sur terre dépend des sols.

Décider des usages des sols et les gérer en conséquence nécessite de les caractériser et de juger de leurs évolutions. Cette ambition de connaître l'état des sols et d'identifier leurs potentiels, leurs trajectoires - dégradation ou amélioration - n'est pas nouvelle, mais a évolué dans le temps : on est ainsi passé d'une vision productive des sols avec la notion de fertilité, à une vision plus générale de qualité, puis de multifonctionnalité des sols pour aboutir actuellement à la notion de santé des sols et de services écosystémiques rendus par les sols.

L'unité Info&Sols d'Orléans travaille sur l'évaluation quantitative du fonctionnement des sols en vue notamment de proposer divers paramètres mesurables ou quantifiables par des modèles et de définir des indices/indicateurs dans l'objectif de les positionner dans un référentiel. Ce besoin s'inscrit pleinement dans une demande générale des politiques publiques agricoles, environnementales et d'aménagement du territoire car tous les acteurs des sols réclament des indicateurs simples et accessibles, accompagnés d'une échelle de valeur pour appuyer leurs décisions dans la gestion des sols.

✓ Analyse du fonctionnement physique et biogéochimique des sols agricoles

À l'interface entre la plante, le sous-sol et l'atmosphère, les sols contribuent à de très nombreux services rendus par les écosystèmes. En particulier, la préservation de leurs fonctions doit permettre une meilleure gestion de la ressource quantitative et qualitative en eau et une contribution significative à la lutte contre le changement climatique, via la réduction d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et la séquestration de carbone.

Pour aborder ces questions, l'unité Info&Sols pilote la plateforme de caractérisation des échanges sols-atmosphère dans les sols agricoles (PESAA/PIVOTS), qui vise à quantifier la production de biomasse au regard de la quantité d'eau drainée par le sol et restituée aux nappes phréatiques, et les émissions de GES par les sols, en particulier le N₂O produit par les sols agricoles fertilisés.

Cette plateforme est composée de plusieurs pilotes expérimentaux : un laboratoire de caractérisation des propriétés hydriques et biogéochimiques du sol (dispositifs de mesures des courbes de rétention et de conductivité hydraulique, chromatographes, spectromètres, etc...), un simulateur de pluie permettant la réalisation d'expérimentations en conditions contrôlées sur des maquettes de sol de 10 m², et une rampe d'irrigation de précision installée sur le site INRAE de Nouzilly. Dédiés à la recherche, ces dispositifs expérimentaux sont ouverts à des projets collaboratifs avec des partenaires multiples.

✓ Le Système d'Information National sur les sols

Dans le cadre du Groupement d'intérêt scientifique Sol (GIS Sol) et en lien avec des partenaires en région, l'unité Info&Sols organise la surveillance et l'inventaire des sols de France afin de constituer le système national d'information sur les sols. L'unité coordonne plusieurs grands programmes nationaux comme le programme multi-échelle de cartographie des sols "Inventaire, gestion et conservation des sols (IGCS)" qui vise à décrire et à cartographier les sols à différentes échelles. Cette unité pilote également des programmes de surveillance parmi lesquels le réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS), la base de données des analyses de terre (BDAT) et la base de données des éléments traces métalliques (BDETM). Le réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) collecte des échantillons de sols sur l'ensemble du territoire, selon une maille de 16 km par 16 km. Il ambitionne de mesurer l'état des sols sur les mêmes sites avec une périodicité d'environ 12 à 15 ans ; un premier inventaire exhaustif a été réalisé entre 2000 et 2009 et la deuxième campagne, commencée en 2016, est en cours.

Les programmes BDAT et BDETM rassemblent les analyses de sol réalisées pour les agriculteurs ou dans le cadre de plans d'épandage par les laboratoires agréés. Toutes les données sont bancarisées dans le système d'information national et retraitées pour produire des informations sur les sols de France afin de donner accès à cette connaissance à travers des portails institutionnels, nationaux, notamment.



Filière avicole

© VASSEUR DELAITRE Gilles / INRAE
Poulets en parcs.



L'adaptation des poules et poulets de chair à leurs conditions d'élevage dépend de leurs capacités cognitives

Ces dernières années la demande sociétale pour des élevages avicoles plein air, avec accès à un parcours extérieur est devenue très forte. En effet, le parcours extérieur constitue un véritable enrichissement du milieu de vie qui permet d'augmenter le répertoire comportemental des animaux.

Pourtant, au sein d'un élevage, il existe toujours une variabilité importante entre les individus dans l'utilisation du parcours. Certains individus vont en effet explorer très souvent les zones les plus éloignées du parcours alors que d'autres resteront tout le temps à proximité de leur bâtiment d'élevage. Nos travaux ont révélé que cette différence de comportement dépend de la façon dont l'individu perçoit, traite et mémorise les informations de son environnement, en d'autres termes de ses capacités cognitives.

Grâce à des tests originaux que nous avons mis au point, nous avons montré que les individus qui sortent peu pour explorer le parcours ont un profil cognitif particulier : ils traitent avec une très grande précision les informations de leur environnement et possèdent une très bonne mémoire de ces informations. Ce profil cognitif semble guider leurs décisions et inhiber leur motivation à explorer un parcours extérieur.

Nos études révèlent donc qu'il existe des profils cognitifs différents au sein d'un même élevage. Il est important de davantage les caractériser car ils semblent considérablement influencer la capacité des animaux à s'adapter à leurs conditions d'élevage et leur bien-être.



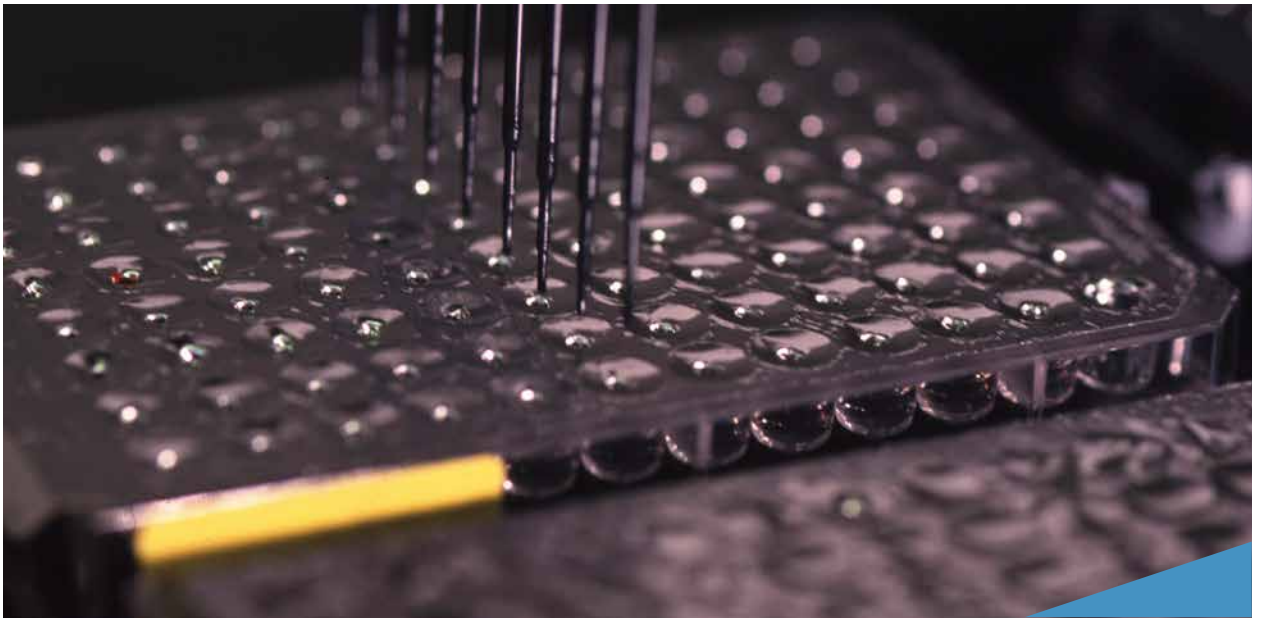
Alimentation et durabilité des systèmes d'élevage avicoles

L'alimentation des volailles représente plus de 60% des coûts de production et des impacts environnementaux associés aux productions avicoles. Elle constitue un levier majeur pour permettre à ces dernières de s'inscrire dans une démarche de durabilité.

Dans ce contexte, nos recherches visent à améliorer les connaissances sur l'utilisation chez les espèces aviaires de matières premières nouvelles ou produites localement et ne rentrant pas en compétition avec l'alimentation humaine. Nous évaluons la valeur nutritionnelle par des approches multicritères incluant l'étude de l'efficacité digestive, les rejets vers l'environnement, les impacts sur la qualité des produits et les effets sur la santé et le bien-être des animaux. Nos travaux permettent d'identifier des marges d'amélioration en termes de sélection variétale des cultures, de procédés de transformation des matières premières et de développement de nouvelles méthodes de formulation intégrant des critères environnementaux. Les recherches contribuent également à évaluer les possibilités de renforcer précocement l'efficacité alimentaire et la santé digestive des oiseaux sur le long terme en adaptant l'alimentation du poussin. Elles permettent ainsi d'envisager des stratégies d'alimentation précoce plus durables dans un contexte de diversification des ressources alimentaires.



© MAÎTRE Christophe / INRAE
Moulin de fabrication d'aliments pour volailles.



© NICOLAS Bertrand / INRAE
Robot de séquençage en phase de manipulation.



La biologie moléculaire au service de la compréhension et de la prédiction des phénotypes d'intérêt en élevage

La biologie moléculaire est au cœur des activités de l'UMR BOA pour permettre une compréhension fine et une meilleure prédiction des phénotypes d'intérêt en élevage.

Ces dernières années, les recherches de l'unité ont permis d'identifier plusieurs variants génétiques contrôlant ces phénotypes d'intérêt, d'étudier l'expression de l'ensemble des gènes (transcriptome) des tissus associés aux thématiques de l'unité ou encore d'étudier les mécanismes de régulation de l'expression (épigénome). Les enjeux dans les années à venir seront d'avancer dans la compréhension des mécanismes gouvernant la programmation précoce des phénotypes et d'étudier plus avant les interactions entre les fonctions biologiques d'un

même individu, ceci afin de mieux gérer les compromis à opérer dans un contexte d'évolution vers des élevages plus respectueux de l'environnement, du bien-être et de la santé animale tout en garantissant la qualité des produits (œuf et viande). Ainsi, de nombreux projets en cours dans l'unité visent à identifier des biomarqueurs associés au phénotypage des animaux. Parallèlement, de nouvelles approches innovantes de génomique fonctionnelle, telles que l'édition génomique, fournissent des outils moléculaires révolutionnaires pour l'étude des gènes d'intérêt pour les travaux de recherche de l'unité. Tout ceci est rendu possible grâce à la mise en œuvre d'un large éventail de techniques de biologie moléculaire allant des plus classiques jusqu'aux nouvelles approches de séquençage à haut-débit.



Impact du système d'élevage sur la qualité de la viande

La production de viande de volaille repose en grande partie sur l'utilisation de souches à croissance rapide, à fort développement musculaire et élevées dans des schémas d'élevage intensifs. Elles permettent la production de viandes principalement destinées aux marchés de la découpe et de la transformation, qui représentent actuellement plus de 80% de la consommation en France.

Cependant, les attentes sociétales en termes de bien-être animal et de qualité des produits évoluent rapidement et reposent la question des modes d'élevage. Ainsi, à l'instar du Label Rouge Français qui existe depuis plus de 60 ans, de nouveaux systèmes basés sur l'élevage de volailles moins performantes en conditions plus extensives se développent en Europe. Nos travaux visent à évaluer l'impact de l'évolution de pratiques d'élevage plus durables sur les qualités nutritionnelles, technologiques et organoleptiques de la viande. Ceci implique de caractériser les mécanismes moléculaires (génétiques et physiologiques) qui interviennent dans la régulation des caractéristiques du muscle, en lien notamment avec le métabolisme et la croissance des animaux. Forts de ces connaissances, nous proposons des stratégies d'amélioration pour optimiser la qualité, tout en préservant la santé et le bien-être animal, et contribuons au développement d'outils analytiques de prédiction de la qualité, notamment sous forme de biomarqueurs non invasifs.



© BOUCHOT Claude / INRAE



La génétique : un levier pour une production avicole durable (efficacité, bien-être et qualité)

La sélection a largement contribué au développement de la filière avicole, et fournit aujourd'hui des animaux aux différents systèmes de production, de type conventionnel ou alternatif. Nous travaillons à utiliser cette sélection comme levier pour répondre aux différents enjeux économiques, environnementaux et sociétaux de la durabilité.

La sélection de l'efficacité à utiliser des matières premières alternatives améliore l'efficacité économique et l'autonomie protéique et réduit l'impact environnemental de la production avicole ainsi que la concurrence entre l'humain et l'animal pour l'accès aux ressources. Intégrer les critères de qualité technologique et sensorielle de la viande de volailles permet de proposer des produits adaptés à l'évolution des modes de consommation tournés vers moins de volailles entières et plus de produits découpés et transformés. Enfin, nos travaux visent à répondre aux attentes des citoyens en terme de bien-être animal en promouvant la santé des animaux, leur capacité d'adaptation à leurs conditions d'élevage et leur aptitude à exprimer leurs comportements naturels. Dans un contexte de diversification des conditions de production et d'alimentation des volailles, les recherches que nous effectuons sur l'évolution des critères de sélection aboutiront à proposer des animaux équilibrés entre production, qualité et adaptation.



Leviers précoces d'amélioration du bien-être et de la santé



^
© SLAGMULDER Christian / INRAE
Poussins à l'éclosion.

Le bien-être et la santé des animaux se construisent dès le plus jeune âge. C'est pourquoi la période périnatale, de la composition de l'œuf et son incubation à la première semaine de vie post-éclosion, est une période critique de l'élevage du poulet.

L'UMR BOA étudie les mécanismes de mise en place des grandes fonctions physiologiques et de défense du poussin qui conditionnent sa robustesse (thermorégulation, réponse immunitaire et capacités antioxydantes, mise en réserve de l'énergie, régulations métaboliques et endocrines). Elle propose des outils pour évaluer l'état de santé et de bien-être de l'animal, comme une grille d'évaluation de la qualité du

poussin coconstruite avec la filière avicole et l'ITAVI, et identifie les biomarqueurs qui y sont associés. L'UMR BOA identifie des leviers d'action précoces pour leur amélioration (conditions d'incubation de l'œuf, alternatives aux médicaments, alimentation et pratiques d'élevage comme l'éclosion à la ferme) qui ont des impacts à long terme. Elle propose également de nouvelles stratégies de sélection et d'élevage pour la robustesse et l'élaboration des comportements positifs des poulets grâce à des études en génétique épigénétique et physiologie. L'intégration de l'ensemble des données acquises et la modélisation des interactions entre grandes fonctions (dès le plus jeune âge et entre générations) ajoutent une dimension de compréhension complémentaire pour améliorer le bien-être et la santé des volailles.



L'œuf : fonctions biologiques, qualité, variabilité

© NICOLAS Bertrand / INRAE
Mesure de différents paramètres d'un œuf.



L'œuf est une enceinte close contenant l'intégralité des éléments nécessaires au développement d'un embryon jusqu'à l'éclosion. La qualité de l'œuf est donc déterminante pour la santé du futur poussin/animal. L'œuf de poule est également un produit phare de l'alimentation humaine et doit donc être garant d'une qualité sanitaire irréprochable.

Ainsi, la maîtrise de la qualité de l'œuf constitue un enjeu majeur pour les filières de production que ce soit pour la filière des œufs de consommation (œufs "coquille" et ovoproduits), ou celle des œufs à couvrir (œufs fertilisés destinés à la production de poules pondeuses et des poulets de chair). Nos recherches visent dans un premier temps à approfondir les connaissances sur la physiologie de la formation de l'œuf, sa composition et ses fonctions biologiques, et dans un second temps, à étudier divers facteurs de variabilité pouvant altérer ou au contraire, préserver la qualité des œufs : nutrition, âge, génétique de la poule (souches "ponte" et "chair", ou rustiques), conditions de stockage des œufs, et conditions d'incubation des œufs à couvrir. Ces travaux ont pour objectif, à terme, de proposer aux professionnels des indicateurs et outils permettant de contrôler et d'améliorer la qualité des œufs (de leur production à leur conservation/incubation), et de valoriser l'activité de certaines protéines de l'œuf de poule et d'autres oiseaux, en santé humaine par exemple (molécules anti-infectieuses, notamment).



Physiologie de la poule pondeuse : métabolisme calcique et formation de la coquille d'œuf

La poule pondeuse pond chaque année plus de 300 œufs avec une coquille constituée à plus de 95% de carbonate de calcium. Si le calcium contenu dans la coquille des œufs provient entièrement de l'aliment, il existe une désynchronisation entre le besoin en calcium pour la formation de la coquille (nuit) et l'apport alimentaire de ce calcium (journée).

Pour ce faire, la poule possède une structure osseuse particulière, l'os médullaire, qui est mobilisé durant la période nocturne pour fournir une partie du calcium nécessaire à la calcification de la coquille (mécanisme assimilé à l'ostéoporose). Au cours de la journée, lorsque la poule s'alimente, la partie médullaire de l'os se reminéralise. La régulation de ce métabolisme calcique exacerbé lors de la formation de la coquille implique de nombreux organes, tels que l'intestin et l'utérus qui permettent le transfert de calcium vers l'os et au niveau du site de calcification (fluide utérin), tout en maintenant l'homéostasie cellulaire. Nos études visent donc à étudier les mécanismes permettant l'homéostasie calcique chez la poule au cours de la formation de l'œuf et de la vie de la poule (effet de l'âge). L'équipe étudie aussi les mécanismes de dépôts des constituants de l'œuf et de la calcification (biominéralisation) de la coquille. Les connaissances obtenues sont utiles pour renforcer la qualité des os et des œufs de la poule et ainsi améliorer la durabilité de la filière "Ponte" et la santé des animaux.



Coconcevoir les systèmes avicoles de demain avec les filières et les consommateurs

La France et plus largement l'Europe bénéficient de systèmes d'élevage avicole diversifiés. Ceux-ci sont aujourd'hui en phase de transition afin de mieux répondre aux attentes des consommateurs et des filières tout en intégrant les enjeux agroécologiques.

Concernant le système dominant de type standard, s'il est particulièrement performant, il doit évoluer afin de répondre aux attentes sociétales sur le bien-être des animaux tout en conservant un équilibre avec l'accessibilité du prix et les impacts environnementaux. Ainsi, les recherches menées dans le cadre du projet CASDAR COCORICO, co-piloté avec l'ITAVI, visent à identifier des voies d'amélioration portant sur les conditions d'hébergement des animaux (accès à la lumière naturelle, enrichissements, aménagements de l'espace...). Ces améliorations portent aussi sur la génétique, ceci grâce à une approche originale de co-design impliquant acteurs du terrain, associations welfaristes et monde de la recherche et du développement. Concernant les modes d'élevage biologique et de plein air, malgré une image de qualité, ils doivent également mettre fin à des pratiques perçues comme non-éthiques et trouver des leviers d'amélioration de la santé ou du bien-être. Ainsi le projet européen PPILOW, coordonné par l'unité, met en œuvre des approches multi-acteurs permettant notamment de proposer des alternatives à l'élimination des poussins mâles en souche ponte et d'améliorer la robustesse des oiseaux ainsi que leur capacité à explorer les parcours extérieurs.





Contrôle de la fertilité des espèces avicoles

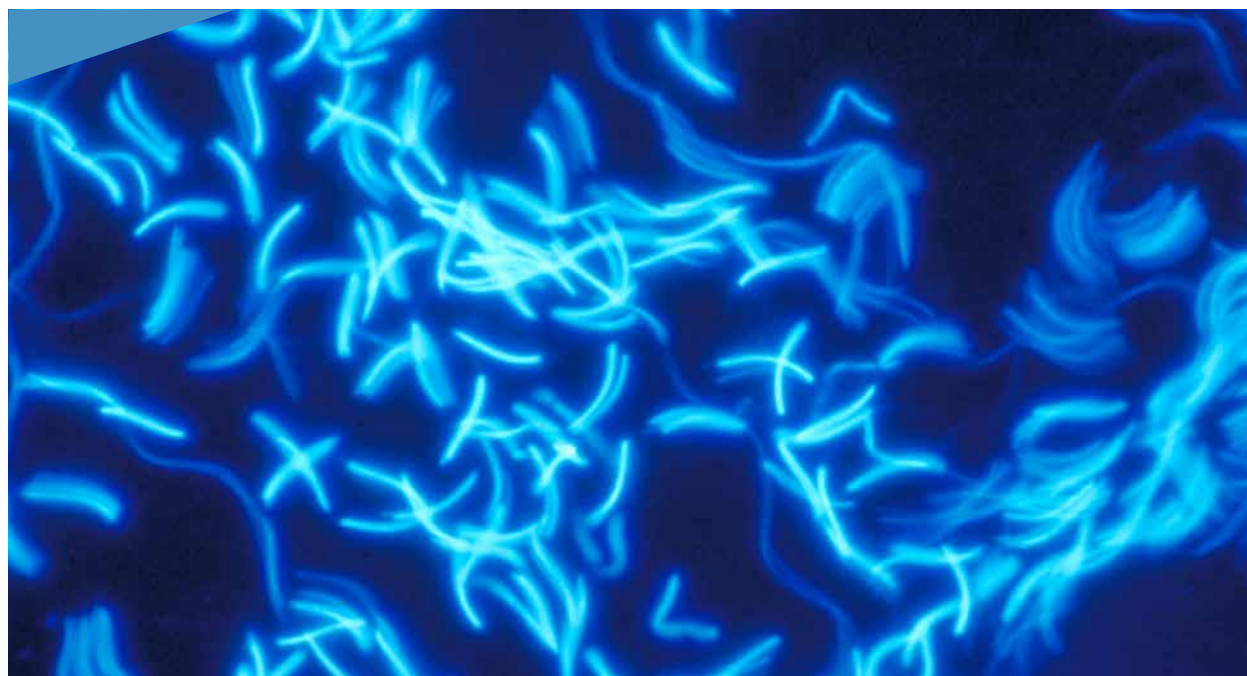
La sélection avicole a abouti à la production de souches dites "chair" spécialisées dans la production de viande, et de souches dites "ponte" destinées à la production d'œufs.

L'alourdissement des souches "chair" a diminué leurs capacités reproductrices dans les deux sexes. Chez la femelle, le maintien de performances de ponte et de fertilité suffisantes ne peut être assuré qu'à condition d'appliquer en permanence (depuis le stade impubère) un rationnement alimentaire drastique qui pose notamment des problèmes importants de bien-être. Les mâles de souche "chair" expriment de leur côté une très grande précocité sexuelle mais leur développement testiculaire et leur production spermatique diminuent bien avant la fin de la saison de reproduction des femelles.

En partenariat avec des établissements avicoles régionaux, nous souhaitons comprendre en quoi la croissance gonadique des mâles se trouve affectée par une sélection ayant porté avant

tout sur les caractères de croissance. Pour cela, nous utilisons une approche expérimentale basée sur des observations faites sur l'animal mais aussi obtenues à partir de cultures testiculaires. Ces observations permettent de comprendre en quoi des facteurs alimentaires (ex : rationnement ou utilisation d'additif alimentaire), environnementaux (ex: photopériode, température, élevage en extérieur) ou leur association, régulent le développement gonadique chez des coqs à fort ou faible potentiel de croissance.

L'approche "animal" est basée sur des études faites à partir de souches commerciales à croissance lente (ex : souche label, bio) ou rapide (ex : souche standard) alors que l'approche *in vitro* précisera l'action de certains facteurs de croissance (hormones, vitamines...) et de quelques composés nutritionnels préciblés (antioxydants) sur le développement gonadique.



© BRILLARD Jean-Pierre / INRAE
Spermatozoïdes de coq révélés par fluorescence.



Les coccidioses aviaires

Les coccidies sont une cause importante de pertes économiques. Pour prévenir leur développement, des anticoccidiens étaient jusqu'à récemment ajoutés à l'aliment.

Cependant, ces additifs sont mal perçus par le consommateur qui réclame une alimentation plus naturelle et des traitements avec des substances dites "naturelles" (phytothérapie). Nous développons des études visant à évaluer l'incidence de ces nouvelles pratiques (extraits de plantes, extraits d'algues...) sur le développement des coccidies. Plutôt qu'un effet direct sur le parasite - qui conduit à plus ou moins long terme à la résistance -, nous recherchons les effets immunomodulateurs et/ou la capacité des extraits à maintenir la santé intestinale dans le cadre de systèmes de production raisonnée de développement durable. Au plan cognitif, les mécanismes d'invasion de l'intestin des volailles par les coccidies sont étudiés ainsi que leurs effets sur l'intégrité intestinale et sur la composition du microbiote.





Filières ovines et caprines

^
© MAÎTRE Christophe / INRAE
Bergerie de l'Unité expérimentale UEPAO à Nouzilly.

Conditions d'élevage et optimisation de la reproduction

La reproduction saisonnée des ovins et caprins génère de fortes variations annuelles dans la disponibilité et le coût de la viande et des produits laitiers. Les traitements hormonaux permettent d'induire et de synchroniser l'oestrus et l'ovulation à contresaison et restent la clé de voûte de la conduite des systèmes d'élevage.

Néanmoins, ces traitements qui conjuguent des progestagènes et de l'eCG, ne répondent plus pleinement aux attentes sociétales. Le développement de méthodes innovantes, sans recours aux hormones et selon un cahier des charges exigeant sur les plans économique, sociétal et environnemental, est donc un enjeu majeur pour assurer la durabilité des filières d'élevage.

Dans ce cadre, le centre INRAE Val de Loire développe des méthodes alternatives et innovantes. L'emploi de traitements

photopériodiques associé à une gestion temporelle stricte des contacts sociaux entre mâles et femelles est une première solution. Une seconde voie plus simple à mettre en œuvre consiste à utiliser de petits peptides synthétiques qui miment l'action de peptides endogènes impliqués dans le contrôle central de la reproduction. Le cheptel ovin français a été réduit de moitié en 30 ans et compte environ 7 millions de têtes, dont environ 170 000 brebis en région Centre-Val de Loire (<2.5%). Fort de près d'1,1 million de têtes, essentiellement des chèvres laitières, le troupeau caprin français est au 4^{ème} rang européen. Avec 140 000 chèvres, la région Centre-Val de Loire produit environ 12% du lait de chèvre national, mais concentre 5 des 15 AOP de fromages de chèvre. Les enjeux humains et économiques liés au développement de nouveaux outils du contrôle de la reproduction des petits ruminants sont considérables.



Filière bovine

© NORMANT Sophie / INRAE
Vaches laitières de race Prim'holstein.

Fertilité des vaches laitières

Le problème de fertilité chez les vaches laitières est illustré par le fait qu'après insémination, les génisses reviennent en chaleur alors qu'elles devraient être gestantes, ce qui représente un problème majeur en élevage.

L'objectif des recherches est de mettre en évidence les causes de la baisse de fertilité chez les vaches à haut potentiel laitier et de comprendre s'il s'agit :

- d'une inaptitude à sécréter des gonadotropines ;
- d'une insensibilité ovarienne ;
- d'une incapacité à ovuler ou à être fécondé pour un ovocyte ;
- d'une difficulté d'implantation de l'embryon.

Pour cela il est nécessaire d'affiner le phénotype de ces animaux aux différentes étapes de la reproduction et de faire intervenir des

compétences multiples pour sérier le problème.

Par ailleurs, l'intervalle intergénérationnel important dans l'espèce bovine constitue un facteur limitant de la diffusion du progrès génétique. L'utilisation d'animaux jeunes pour la production d'embryons est un facteur clé pour la réduction de l'intervalle entre générations. L'apparition de la puberté étant liée au développement corporel des animaux, il est possible d'avancer l'âge à la 1^{ère} ovulation des génisses en jouant sur leur nutrition pendant des étapes clés de leur croissance pré-pubertaire. Toutefois, les limites biologiques de ces phases de puberté et de reproduction précoces sont encore inconnues. Les études menées ont pour objectifs d'apporter des éléments de réponse concrets à cette problématique.



La cryptosporidiose du veau

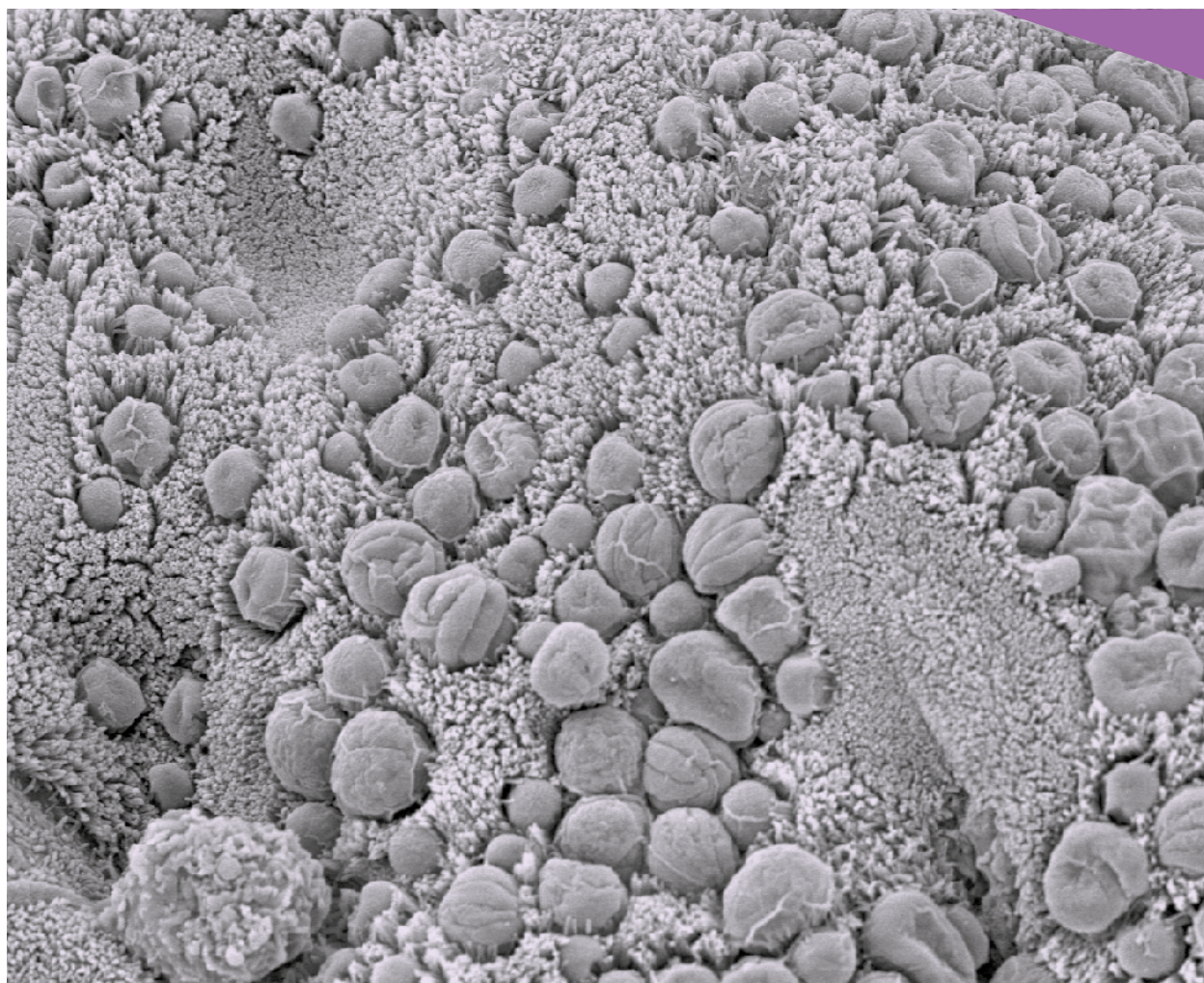
Les diarrhées néonatales représentent plus de 25 % des motifs de consultation en élevage et sont la principale cause de mortalité et de retard de croissance chez les jeunes veaux.

La cryptosporidiose du jeune veau est la maladie diarrhéique la plus fréquente en élevages laitier et allaitant. Elle est due à l'infection des cellules épithéliales par un parasite zoonotique unicellulaire, *Cryptosporidium parvum*. La cryptosporidiose peut entraîner la mort dans 5 à 10 % des cas, voire 30 % si elle est associée à d'autres problèmes. Cette maladie est mal contrôlée par la chimiothérapie - une seule autorisation de mise sur le marché - et il n'existe aucun vaccin. Le développement parasitaire est très dépendant du statut immunitaire de l'animal et l'immunité innée joue un rôle déterminant dans le contrôle de la phase aigüe de l'infection.

Nos recherches pour limiter l'incidence de cette maladie se focalisent sur deux axes. Le premier vise à identifier des molécules originales pour contrôler une infection établie et le second basé sur les particularités du système immunitaire du veau nouveau-né, vise à renforcer ses défenses immunitaires innées. L'infection ayant lieu d'une part les premiers jours de vie, lors de l'établissement du microbiote du jeune veau et de la maturation de son système immunitaire, nous étudions d'autre part les conséquences à long terme de cette infection néonatale sur l'homéostasie intestinale de l'animal.



© INRAE
Vue en microscopie
de l'infection de l'intestin par un parasite.





Filières animales toutes espèces

© LE GAL Kathleen / INRAE

Santé

▼ Génétique et évolution des populations de parasite

Les parasites impactent significativement la santé des animaux (mauvaise croissance, mortalité) et des hommes (un milliard de personnes sont infestées par des vers parasites dans le monde). Ces infestations seront vraisemblablement aggravées par le changement climatique (parasites plus fréquents, plus abondants). La biodiversité de ces parasites est très vaste et ils sont dotés de stratégies adaptatives variées, leur permettant de s'adapter à une large gamme d'hôtes ou de contourner les stratégies utilisées pour leur contrôle, comme les traitements antiparasitaires.

Nos travaux visent à caractériser les capacités adaptatives de ces parasites face aux contraintes imposées par leur environnement, abiotique -comme le climat- ou biotique -comme leurs hôtes-. La connaissance de leurs limites adaptatives permettra de mettre au point des stratégies durables de contrôle, en anticipant ou empêchant leurs capacités d'adaptation.

© INRAE
Microscopie électronique de la région céphalique
du nématode *Haemonchus contortus*.





La résistance aux antibiotiques

La résistance aux antibiotiques est un problème majeur de santé publique en raison de l'émergence de résistance chez les bactéries pathogènes humaines et animales vis-à-vis de molécules antibiotiques récentes d'importance critique pour la médecine humaine (céphalosporines, carbapénèmes, fluoroquinolones, colistine...).

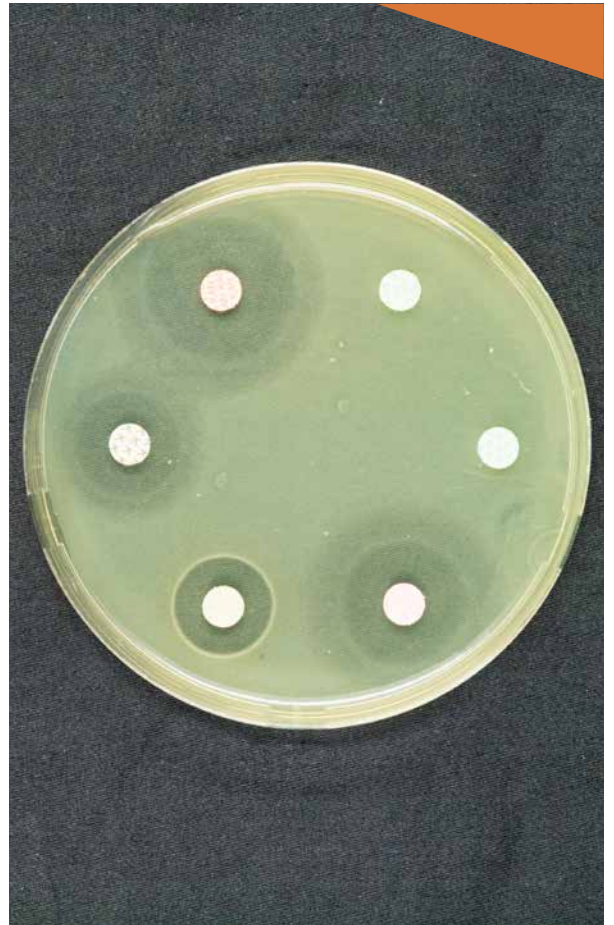
En parallèle de l'amélioration de la surveillance et du diagnostic de la résistance, et d'un usage raisonné des antibiotiques en médecine vétérinaire, nous devons mieux comprendre la dynamique de dissémination et de sélection de ces résistances aux différents niveaux d'échelle que sont les gènes, les bactéries, les individus humains ou animaux mais également l'environnement, les sociétés humaines et les échanges internationaux.

Le concept "une seule santé" s'applique pleinement à la problématique de la résistance aux antibiotiques qui nécessite que tous les acteurs agissent en concertation pour lutter contre la résistance aux antibiotiques.

L'accumulation de résistance chez les bactéries pathogènes est directement liée à "l'arsenal génétique spécialisé" dont elles disposent pour acquérir et s'échanger des gènes de résistance. Notre objectif est donc de comprendre comment ces éléments génétiques mobiles porteurs de gènes de résistance se transfèrent horizontalement d'une bactérie à une autre.

C'est pourquoi nous étudions :

- L'épidémiologie moléculaire de ces éléments chez l'humain, l'animal, et dans l'environnement ;
- Les mécanismes moléculaires impliqués dans leur transfert horizontal et leur maintien dans les populations bactériennes ;
- Les flux des résistances au sein et entre les écosystèmes microbiens d'élevage.



© NICOLAS Bertrand / INRAE
Antibiogrammes déposés sur une culture d'*Escherichia coli*.

Reproduction



La conception, une affaire de communication !

Chez les mammifères, lors du coït ou de l'insémination, des millions de spermatozoïdes sont propulsés dans le tractus génital de la femelle. Ils partent à la rencontre improbable de la cellule reproductrice (gamète) femelle, l'ovocyte, pour accomplir la fécondation. La conception d'un embryon prêt pour le développement et porteur d'un cocktail de gènes des deux parents est alors possible.

Cette quête du spermatozoïde se termine dans l'oviducte où attend l'ovocyte et où démarrera le développement embryonnaire précoce, avant sa nidation pour la poursuite de la gestation dans l'utérus. Le voyage du spermatozoïde, la fécondation et le développement précoce sont encadrés par un dialogue intense, à l'échelle moléculaire, avec les cellules maternelles bordant l'oviducte (cellules épithéliales). La compréhension de ce dialogue et l'identification des facteurs moléculaires impliqués sont les clés de l'amélioration des résultats des techniques de procréation et de conservation des ressources génétiques chez les animaux domestiques et sauvages, ainsi que chez l'humain. Cette compréhension est au cœur du projet de l'équipe Interactions Cellulaires et Fertilité de l'Unité PRC et elle permettra également de comprendre dans quelle mesure et comment la femelle peut maintenir des conditions propices aux événements précoces de la reproduction dans le contexte de stress thermique lié au réchauffement global du climat ou face à des perturbateurs endocriniens.



LES UNITÉS EXPÉRIMENTALES ET DE RECHERCHE DU CENTRE INRAE VAL DE LOIRE



Les unités expérimentales et de recherche du centre INRAE Val de Loire

© INRAE

Vue aérienne d'une partie du site de Tours



Plate-forme d'infectiologie expérimentale (PFIE)

Activités

Ce dispositif national est ouvert aux demandes d'expérimentation de l'ensemble de la communauté scientifique, établissements publics ou privés. Il s'inscrit aussi dans plusieurs réseaux régionaux (FéRI : Fédération de Recherche en Infectiologie de la région Centre-Val de Loire), nationaux (EMERG'IN : Infrastructure Nationale de Recherche pour la lutte contre les maladies infectieuses animales émergentes ou zoonotiques par l'exploration in vivo), et européens (VETBIONET, TRANSVAC2).

Il permet la réalisation d'infections expérimentales sur animaux d'élevage (bovins, ovins, caprins, porcins, volailles) mais aussi sur rongeurs. Ces animaux sont maintenus en bâtiments conventionnels ou en installations confinées de niveau A2 ou A3 (cellules expérimentales ou isolateurs) permettant l'étude d'agents pathogènes (virus, bactéries, parasites dont certains classés OGM) de classe 2 ou 3 dans des conditions de sécurité maximum. Une grande part des maladies étudiées ont un impact sur la santé humaine (Hépatite E, Coronavirus).

Il offre aussi la possibilité d'élever des animaux à statut sanitaire et génétique spécifique dont certains sont Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiés (souris et volailles EOPS) ou axéniques (volailles). La PFIE est dotée d'un plateau d'imagerie/anesthésie/chirurgie en confinement (plateau CIMAC).

La PFIE est labélisée ISC INRAE (infrastructure scientifique collective) et labellisée IBISA (Infrastructures en Biologie Santé et Agronomie).

Unité certifiée ISO9001 sur l'ensemble de son périmètre depuis 2008, la PFIE s'est engagée également dans une démarche SME (système de management environnemental).



Personnel

46 agents (dont 25 animaliers, 11 agents de maintenance, 3 chargés d'étude, 1 vétérinaire et fonctions support) répartis en sept équipes.

Installations

14 000 m² d'installations dont une partie en confinement A3. Un parc de plus de 30 isolateurs (volaille et rongeur).

© VASSEUR DELAITRE Gilles / INRAE





Pôle d'expérimentation avicole de Tours (PEAT)

Missions et activités

La mission de PEAT est de mettre à disposition des unités de recherche avicoles et de leurs partenaires un outil permettant de réaliser leurs objectifs scientifiques dans le cadre des schémas stratégiques des départements PHASE (Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage) et GA (Génétique Animale).

Les activités de PEAT concernent l'élevage des volailles (poulets de chair, poules pondeuses, cailles, dindes, pintades...) de la production d'œufs à couver jusqu'à l'abattage et la production d'aliments expérimentaux. Nos techniciens d'élevage réalisent des actes techniques permettant la reproduction et le suivi des caractéristiques des animaux tels que : la réalisation de croisements par insémination, la participation à la collecte et à l'administration de cellules gonadiques pluripotentes (PGC), le mirage des œufs au cours de l'incubation, les pesées, le suivi de la consommation alimentaire, la collecte d'échantillons biologiques sur animaux. Ces capacités sont utilisées pour des projets en lien avec la reproduction, la génétique, la nutrition, le comportement, le métabolisme et la qualité des produits (œufs et viandes). L'objectif de ces recherches est d'identifier des leviers d'amélioration de la durabilité des systèmes de production avicole, en favorisant l'efficacité alimentaire et environnementale, le bien-être et la santé en élevage et la qualité des produits.

Les installations permettent de contrôler l'ensemble des étapes du cycle de production des volailles, à savoir : la fabrication de l'aliment, la reproduction, la sélection génétique, l'incubation, l'éclosion, les conditions d'élevage et d'abattage. Leur diversité permet la reproduction contrôlée des animaux (chair et ponte) et leur élevage en bâtiment (y compris protégés) ou avec accès à l'extérieur. L'unité dispose en outre de plusieurs installations ou outils de phénotypage de grand intérêt pour les recherches en génétique, comportement, alimentation et qualité des produits :

- un bâtiment agréé permettant l'accueil de poulets à génome édité ;
- un abattoir expérimental, agréé CEE, et un atelier de découpe, permettant le contrôle des paramètres d'abattage des animaux et de traitement des carcasses, et la mesure de la qualité des carcasses et des viandes ;
- un automate de consommation alimentaire pour volailles nommé BIRD-e (Bird Individual Ration Dispenser-electronic). Cet outil innovant, conçu dans le cadre de l'UMT BIRD avec l'UMR BOA et l'ITAVI, permet des mesures précises et continues de l'alimentation et du poids des animaux, et donc d'affiner la sélection des animaux sur l'efficacité alimentaire ou de mettre au point de nouvelles formulations d'aliments. De plus, en se libérant de la contrainte de la mesure en cage, cet outil permet des mesures respectueuses du bien-être animal.

Concernant les outils de phénotypage, les perspectives à court terme sont le développement d'un nid de ponte électronique permettant le suivi individuel de la ponte, dans la perspective prochaine de la reproduction et de l'élevage des pondeuses au sol. Au niveau local, l'unité travaille en étroite collaboration avec les UMR BOA et PRC, l'ITAVI et le SYSAF ; au national avec les équipes de génétique avicole des UMR GABI, GENPHYSE et PEGASE, et des entreprises de sélection et de l'alimentation animale principalement.



Personnel

28 agents spécialisés dans l'élevage des volailles.

Installations

- > un couvoir multi-espèces de 45 000 places,
- > un moulin agréé pour la fabrication de 400 tonnes par an de régimes répondant aux obligations réglementaires et un dispositif pour la production de régimes expérimentaux,
- > un atelier pour la maintenance, l'étude et la réalisation de prototypes destinés à recueillir des données individuelles sur les animaux maintenus en groupe (prise alimentaire, poids) ou de dispositifs expérimentaux (cages, enclos),
- > 17 bâtiments d'élevage et expérimentaux, soit 12 000 m² de surfaces couvertes :
 - cellules climatisées équipées de cages à bilan individuelles pour jeunes et adultes ;
 - poussinière et bâtiments en ambiance protégée pour dindes et volailles reproductrices ;
 - des dispositifs d'élevage avec parcours pour volailles de type label ;
 - nombreux dispositifs expérimentaux pour tester les volailles en croissance élevées en groupes ;
 - bâtiments pour poules et coqs reproducteurs chair et ponte ;
 - insémination artificielle en semence fraîche ou congelée ;
 - conservation de lignées par congélation de semence ou de cellules germinales embryonnaires.

Des recherches en génétique sont également menées avec différentes expériences de sélection et le maintien de ressources génétiques, mutants et lignées rares.



© UMR BOA/ INRAE
Mesure automatisée, individuelle et sans contrainte du poids et de l'alimentation de volailles label rouge.





© MAÎTRE Christophe / INRAE

Vue du nouveau dispositif expérimental pour le phénotypage des petits ruminants.



Unité expérimentale Pôle de phénotypage des petits ruminants (P3R)

Activités

L'unité P3R (Pôle de Phénotypage des Petits Ruminants) mène des recherches de pointe au service de la transition agroécologique des élevages, en tirant au mieux parti de la diversité génétique animale. Elle mobilise les capacités offertes par le numérique pour étudier les caractères complexes qui jouent un rôle clé dans l'adaptation des animaux aux nouvelles conditions des élevages de demain et au changement climatique.

Les expérimentations sont le support de recherches sur :

- L'architecture génétique de caractères et des compromis entre grandes fonctions biologiques ;
- Le rôle des microbiotes et des marques épigénétiques sur la variabilité des caractères ;
- L'étude des interactions génétique et environnement.

Personnel

Les effectifs de l'unité expérimentale P3R sont de trente-deux personnes dont deux ingénieurs et trente techniciens et agents animaliers.

Installations

L'unité expérimentale P3R est située sur le domaine de la Sapinière à Osmoy. Elle bénéficie de nombreux bâtiments et équipements, dont une nouvelle chèvrerie et nurserie de 2800 m², ainsi qu'une halle de phénotypage de 1800 m², permettant d'accueillir jusqu'à 240 ovins ou caprins sur 12 parquets. Ce dispositif unique en Europe permet de collecter, à l'échelle individuelle, un grand nombre de données pour des caractères variés (consommation d'aliment et d'eau, croissance, émission de méthane, production laitière...) et des paramètres biologiques, et de faire le lien entre les caractères mesurés et les caractéristiques génétiques et génomiques des animaux. Elle dispose pour ce faire de :

- > Mesures et contrôle de l'alimentation à différents âges : eau, lait, concentré, fourrage.
 - Distributeurs automatiques de lait (n=2)
 - Rotolactor en traite arrière et éprouvettes de contrôle laitier (n=24)
 - Distributeurs automatiques de concentré (n=12)
 - Distributeurs automatiques de fourrage (n=36)
 - Distributeurs automatiques d'eau (n=12)
 - Remorques mélangeuses distributrices peseuses (n=3)
 - Salle de transformation fromagère
- > Autres mesures : prises de sang, prélèvements de jus de rumen, émissions de GES (Greenfeeds), pesées standards et automatisées (12 plateaux), état de la toison (mue), comportements (test de réunion et du couloir), état corporel (échographie), analyses coprologiques.
 - > Suivi et enregistrements grâce à :
 - PDA d'enregistrement des phénotypes (n=6)
 - Sondes de mesure d'ambiance connectées (n=6) et système d'enregistrement
 - Stations météo (n=2)
 - Dispositifs vidéo, analyse vidéo et photographie
- > Matériels de contention et tri d'animaux :
 - Parcs de tri électronique avec 6 et 3 sorties
 - Système de pesée et d'identification et de tri mobile (Combi clamp, parc mobile et wow)
 - Tapis de contention Restrainer et Cage de retournement



Travaux sur les ovins

L'équipe ovine met en place et assure la bonne réalisation de programmes expérimentaux visant à concevoir et évaluer des systèmes d'élevage innovants, multi-performants, résilients, et reposant sur de nouvelles pratiques économes en intrants et préservant la santé des animaux. L'unité P3R entretient et produit des types génétiques et lignées divergentes variés, ressources précieuses pour :

- L'analyse génétique de nouveaux caractères, (résistance aux maladies infectieuses et parasitaires, robustesse, efficacité environnementale, comportements...);
- La compréhension et l'analyse des bases génétiques des compromis entre grandes fonctions biologiques (croissance, utilisation des nutriments, immunité, adaptation physiologique et comportementale, ...);
- L'étude du rôle des microbiotes et de leur contrôle génétique dans l'expression et la variabilité des caractères (rôle du microbiote digestif sur les caractères d'efficacité alimentaire et environnementale notamment);
- L'étude de la contribution des mécanismes épigénétiques à la variabilité des caractères.

L'équipe ovine participe à des projets d'envergure européenne tels que SMARTER (H2020), Grassogaz (ERAGAS) ; à des projets nationaux tels que PATASEL et Holobiontes (PEPR-ANR).

Le cheptel compte 1500 brebis dont 1350 brebis Romane, 20 Romanov et 110 Berrichonnes de l'Indre.

Le pôle ovin d'expérimentation comporte quatre bergeries (2 x 1750 m², 1200 m² et 600 m²), trois bergeries semi-plein air de 220 m² chacune, et une infirmerie.



© MAÎTRE Christophe / INRAE

Parage des onglons pour éliminer l'excès de corne et maintenir les bons aplombs de l'animal



Travaux sur les caprins

L'unité est au cœur de l'une des deux zones de production de fromage AOP Crottin de Chavignol et entretient des collaborations soutenues avec les acteurs de la filière caprine. L'équipe caprine participe aux recherches sur les thématiques suivantes :

- La variabilité génétique de la composition et de la qualité du lait de chèvre (au niveau notamment de la lipolyse)
- La résistance aux maladies (parasitisme, tremblante et mammites)
- La sélection de lignées sur la robustesse et la résilience adaptées au changement climatique
- La maîtrise de la reproduction (saisonnalité des chèvres de race Alpine, recherche d'alternatives aux hormones)
- L'amélioration des aptitudes bouchères du chevreau

L'équipe caprine participe à des projets d'envergure européenne tels que SMARTER (H2020), ISAGE (H2020), MAPACAP (PEI) ; à des projets nationaux tels que LIPOMECA (ANR-Apis-GENE), RSEILAIT (Apis-GENE), Valcabri (CASDAR), ANIMOV (Région).

Le cheptel compte 250 chèvres alpines en lactation et 150 chevrettes de renouvellement, 30 boucs alpins et une centaine de chèvres hors-reproduction.



Activité d'expérimentation végétale

L'exploitation agricole s'étend sur 620 ha de surface agricole utile, dont 320 ha de prairies permanentes servant à l'approvisionnement du domaine en fourrages, 300 ha de cultures participant à la rotation dont 90 ha dédiés à l'agroécologie. L'unité est impliquée depuis 2018 dans un grand projet de plateforme "agroécologique (ABY)", en y apportant une composante animale unique et originale. La plateforme de 90 ha est découpée en 28 parcelles formant une mosaïque afin de tester différentes modalités culturales.

La plateforme ABY est impliquée dans différents projets dont le programme DEPHYEXPE (ABC), Cultiver et Protéger autrement (PPR-ANR), SPECIFICS (PEI SOBRIETE-UE), Agroécologie en Berry (Région).

Les expérimentations répondent aux besoins de chercheurs de différentes disciplines (génétique, physiologie, nutrition, santé), en particulier ceux du centre Val de Loire (UMR PRC et ISP), du centre Occitanie-Toulouse (UMR GenPhySe), Ile-de-France – Jouy-en-Josas – Antony (UMR Gabi). Les expérimentations en agroécologie sont réalisées sous le pilotage d'unités de recherche du centre Bourgogne-Franche-Comté (UMR Agroécologie).





Unité expérimentale Génétique et Biomasse Forestière (GBFOR)

Activités

L'unité expérimentale GBFOR est une unité d'appui à la recherche. Elle travaille principalement avec l'UMR BioForA (INRAE Val de Loire), l'unité sous contrat ARCHE de l'université d'Orléans et l'Unité mixte de recherche BioGECO (INRAE Nouvelle Aquitaine - Bordeaux).

L'unité intervient dans les domaines suivants :

- > Description de la diversité génétique des espèces forestières ;
- > Estimation du niveau de contrôle génétique des critères de sélection : adaptation, résistance, croissance et qualité du bois ;
- > Conservation des ressources génétiques ;
- > Evaluation de l'interaction des innovations variétales avec l'écosystème forestier ;
- > Production durable de biomasse forestière.

L'UE est un partenaire de l'infrastructure de recherche IN-SYLVA France qui regroupe des dispositifs de recherche sur la gestion adaptative des forêts et l'un des nœuds du Pilier Forêt de l'Infrastructure de recherche RARE (Ressources agronomiques pour la recherche). C'est un Centre de Ressources Biologiques Forestières (CRBF) distribué, sur trois sites opérationnels (Orléans, Pierroton et Avignon) et deux sites assurant des activités de support à son fonctionnement (Versailles et Nancy). Il regroupe des ressources biologiques forestières, telles que des collections de graines, de pollens et d'individus, des ressources génomiques et des échantillons de feuilles ou d'aiguilles et leurs données associées.



Moyens

L'unité emploie dix personnes et est structurée en trois pôles techniques et un service d'appui.

Collaborations

L'unité entretient des relations étroites avec le réseau des unités expérimentales dans le domaine végétal et les organismes de la forêt publique et privée.

© NICOLAS Bertrand / INRAE

Plants de frênes suivis dans le cadre de recherches sur la chalarose, maladie due à un champignon parasite.





© NICOLAS Bertrand / INRAE



Unité expérimentale Physiologie animale de l'Orfrière (PAO)

Activités

L'UE PAO offre une gamme étendue de prestations dans le domaine de la recherche en productions animales, et de la validation d'indicateurs phénotypiques grâce à des équipements permettant le développement de l'élevage de précision.

Bénéficiant d'installations importantes, les équipes de l'UE PAO constituent un support expérimental unique pour les chercheurs de la communauté scientifique, notamment pour la mise en œuvre de protocoles sur les thèmes de la croissance, de la reproduction, du métabolisme, du comportement des mammifères d'élevage, de la conception de nouveaux systèmes de production et de l'agroécologie.

L'UE PAO regroupe sur un même site, sept espèces animales et de nombreux équipements scientifiques pour répondre aux besoins des chercheurs.



Personnel

L'unité est composée de cinquante personnes réparties en trois pôles : expérimentation, recherche et appui.

Parmi ces trois pôles, le pôle expérimentation, constitué de trente cinq personnes principalement des animaliers est scindé en six équipes : équine, ruminants (les ovins/caprins et les bovins), porcine, rongeurs, abattoir, exploitation.



Phénotypage

L'UEPAO développe un dispositif de phénotypage des animaux de ferme. Il s'agit de la combinaison en un même lieu, de bâtiments d'élevage modulables avec des outils d'élevage de précision permettant de reproduire des conditions environnementales diverses, d'obtenir des mesures automatisées d'indicateurs phénotypiques, de traiter des échantillons avec un système d'information commun rendant possible l'exploitation et la diffusion à la communauté scientifique de l'ensemble des données recueillies.

Agroécologie

Bénéficiant d'un domaine expérimental de 400 ha de SAU ainsi que 110 ha de surfaces boisées au sein de l'unité, l'UEPAO, s'engage sur les projets suivants :

- > Système de production innovant avec zéro pesticide : combinaison de techniques alternatives et régulations biologiques dans un contexte global de diminution des intrants
- > Autonomie fourragère : adaptation des cultures aux changements climatiques
- > Economie circulaire : Impact du traitement des effluents sur le bilan carbone et azote de l'exploitation



© MAÎTRE Christophe / INRAE
Examen d'échographie pour la mesure du gras au niveau lombaire sur un veau.

Installations

Equines :

- > Une salle d'échographie munie d'un échographe 3D
- > Une salle de collecte d'ovocytes et d'embryons
- > Un hangar de monte et un laboratoire de manipulation et d'analyse de la semence
- > Un laboratoire de manipulation des embryons et une salle de culture
- > Une salle de manipulation et culture des gamètes
- > Une salle de tests adaptée aux études comportementales et des dispositifs d'apprentissage

Ovines/Caprines :

- > Une bergerie expérimentale
- > Un bâtiment conditionné avec la maîtrise des paramètres suivants : lumière, température et hygrométrie pour les études sur rythme biologique/photopériode
- > Un bâtiment dédié à la quarantaine

Bovines :

- > Un bâtiment lactation de 65 places équipé de :
 - 26 auges peseuses électroniques
 - un système de monitoring vidéo
 - un robot de traite
- > Un bâtiment génisses et vaches tarées de 100 places équipé de :
 - cage munie d'un système de pesée intégrée
 - cage de contention
- > Une nurserie veaux équipée de :
 - Distributeur automatique de lait
 - Distributeur automatique de concentré
 - Abreuvoir connecté
 - Une cage de contention modulable en fonction de la taille et du poids de l'animal

Porcines :

- > Une porcherie à accès réglementé
- > Une salle de saillie avec distributeur automatique d'alimentation
- > Une salle de chirurgie
- > Une salle de transfert d'embryons

Rongeurs :

- > Capacité maximale de 2500 animaux
- > Entretien de lignées transgéniques
- > Salle de chirurgie
- > Salle de quarantaine
- > 2 salles d'expérimentation



Unité mixte de recherche **Physiologie de la reproduction et des comportements** (UMR PRC)

L'unité est une structure conjointe entre INRAE, le CNRS, l'université de Tours et l'IFCE. Elle regroupe environ 291 personnes et mène des recherches fondamentales et appliquées dans trois grands champs disciplinaires : la biologie du comportement et la neuroendocrinologie, la biologie systémique et la modélisation, et la biologie de la reproduction.

Nous étudions de nombreux modèles animaux originaux, des espèces domestiques (bovins, ovins, caprins, équins, porcins et volailles) et des espèces modèles (rats, souris, caillies). Une collaboration avec le Muséum National d'Histoire Naturelle permet d'élargir les applications aux espèces sauvages.

L'UMR PRC a la double mission de faire progresser la connaissance scientifique au niveau le plus fondamental et de répondre à des questions scientifiques suscitées par des enjeux de société en lien avec différents acteurs socio-économiques des filières de production animales et de santé humaine.

© BERTRAND Nicolas : / INRAE
Plate-forme d'Imagerie Cellulaire.



Unité mixte de recherche **Infectiologie et santé publique** (UMR ISP)

L'unité est une structure conjointe entre INRAE et l'université de Tours. Elle regroupe environ 215 personnes. Ses dix équipes de recherche, sa plateforme Centre International de Ressources Microbiennes-Bactéries Pathogènes et son plateau technique Imagerie et Infectiologie se situent sur le site de Nouzilly du Centre INRAE Val de Loire, à 25 km de Tours et dans les facultés de médecine, de pharmacie et des sciences et techniques de l'université de Tours.

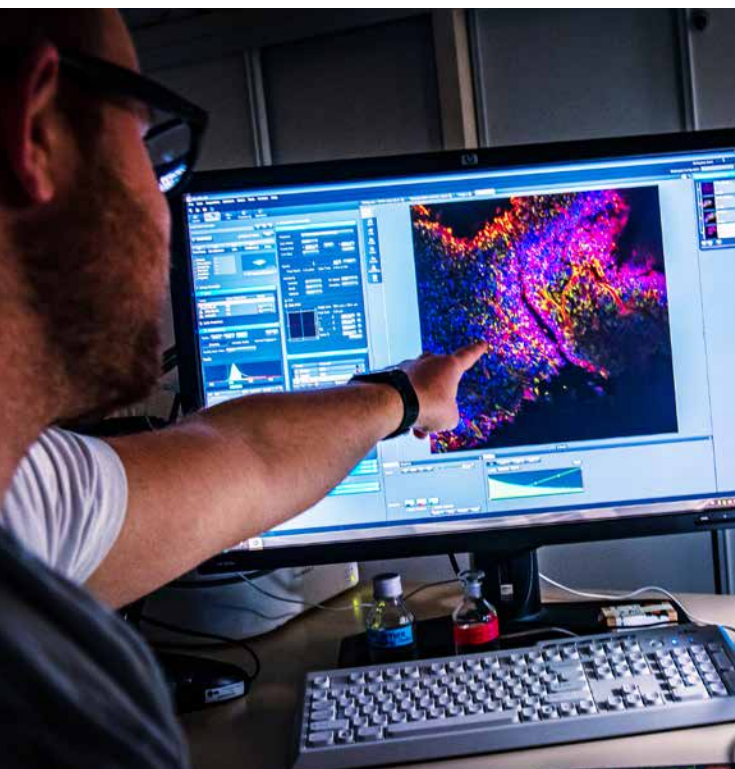
L'UMR ISP a pour objectif de combattre les maladies infectieuses chez l'animal d'élevage et chez l'humain qui impactent l'économie et présentent un danger pour la santé publique.

Les recherches s'accordent aussi avec le concept "Une seule santé" qui promeut une recherche intégrée à l'interface entre l'humain, l'animal et l'environnement.

Nos missions sont de contribuer à prévenir et guérir les maladies infectieuses et de limiter l'usage des xénobiotiques. ISP se consacre à la compréhension du dialogue entre l'hôte et les agents pathogènes - virus, bactéries ou parasites - pour proposer des outils de contrôle des maladies qu'ils causent.

L'unité a développé un ensemble d'expertises en pathologie infectieuse chez l'animal d'élevage - poules, ruminants, porcs - ou modèle.

© CARRERAS Florence / INRAE
Personnel en tenue de sécurité, manipulant sous un poste de sécurité microbiologique dans un laboratoire de confinement de type L3.





© INRAE
Vue aérienne de l'unité BOA



Unité mixte de recherche **Biologie des oiseaux et aviculture** (UMR BOA)

L'unité est une structure conjointe entre INRAE et l'université de Tours. Elle regroupe environ 108 personnes et conduit des recherches intégrées sur la biologie des oiseaux, du niveau moléculaire à celui de l'animal dans son environnement. Elle a pour objectif de produire des connaissances dans les domaines de la physiologie et de la génétique et de contribuer au développement de systèmes d'élevage durables.

Les recherches s'articulent autour de trois axes partagés par les quatre équipes de l'unité :

- > Caractériser les mécanismes physiologiques, moléculaires et génétiques qui sous-tendent les grandes fonctions biologiques de l'oiseau (métabolisme, croissance et développement, digestion, plasticité, formation et fonction de l'œuf).

- > Proposer des outils d'évaluation, par le développement d'indicateurs ou de biomarqueurs utilisables en sélection et en élevage pour améliorer les capacités d'adaptation et la qualité des produits (œuf et viande).

- > Intégrer les connaissances et les outils pour contribuer à la transition des systèmes d'élevage vers la multi-performance et à la valorisation alimentaire et non alimentaire des produits avicoles.

L'unité recourt également à des approches comparatives entre espèces afin de préciser la spécificité du modèle oiseau. Afin de favoriser le transfert des résultats vers les filières de production avicoles, l'unité co-pilote avec l'Itavi le programme d'action de l'UMT BECOME.



© JORGE Véronique / INRAE
Bâtiment de biotechnologies de l'UMR BioForA.

Unité mixte de recherche Biologie intégrée pour la valorisation de la diversité des arbres et de la forêt (UMR BioForA)



Les recherches de l'UMR INRAE-ONF BioForA portent sur la valorisation des ressources génétiques forestières en vue d'une production durable de bois dans un contexte climatique changeant.

Elles s'inscrivent dans un continuum entre les activités de production de connaissances, les développements méthodologiques et les activités de transfert menées vers les gestionnaires et dans le cadre de missions d'appui à la politique nationale sur les ressources génétiques forestières.

Nous bénéficions d'un partenariat unique avec l'ONF dans le cadre d'une convention d'Unité Mixte de Recherche, qui mobilise une forte expertise en ingénierie sur les ressources forestières,

tant pour la conservation des ressources génétiques à travers le suivi technique de plusieurs réseaux, que pour le déploiement du progrès génétique à travers la coordination par l'ONF des réseaux d'évaluation du matériel de reproduction.

Sur site, l'UMR BioForA, composée de 36 agents permanents, s'appuie sur trois structures pour mener à bien ses recherches : l'unité expérimentale INRAE GBFor, le Laboratoire d'Ingénierie Cellulaire de l'Arbre (LICA) et la plateforme ISC Phénobois - Infrastructure Scientifique Collective dédiée au phénotypage des propriétés physico-chimiques du bois et hydrauliques des arbres.



© BERTEL Olivier / INRAE

Le LICA, bâtiment combiné laboratoire – serre, dédié à la connaissance du fonctionnement des arbres.

Laboratoires et Plateformes de BioForA

L'UMR BioForA, au travers de ses laboratoires développe :

- > Des outils de génotypage à différents débits pour la traçabilité, la mesure de la diversité génétique et la sélection ;
- > Des méthodologies de sélection adaptées au contexte de l'espèce (de la sélection génomique à la sélection participative) ;
- > Les mesures de nouveaux caractères via la spectrométrie infrarouge (SPIR).
- > Des biotechnologies appliquées aux arbres (de l'embryogénèse somatique à l'édition des génomes).

L'unité coordonne la plateforme Phénoboïs et héberge l'une de ses trois composantes. Cette plateforme apporte ainsi son expertise dans le développement de méthodes dédiées au phénotypage à grande échelle des échantillons provenant des réseaux d'expérimentations en interne, mais également en réponse aux demandes externes (recherche publique, privée ou de professionnels).

L'unité dispose également du Laboratoire d'Ingénierie Cellulaire de l'Arbre (LICA), un ensemble laboratoire-serre (classé L2S2) dédié à la production et à l'évaluation d'arbres modifiés génétiquement. Financée par INRAE cette structure a vocation à s'ouvrir à l'extérieur. En termes de développements méthodologiques, BioForA a bénéficié de son implication dans le PIA Genius pour la mise au point de méthodes de transformation génétique et d'édition du génome spécifiquement adaptées aux arbres.

En termes d'équipements, le LICA a bénéficié du PIA XYLOFOREST (2011-2019) et du soutien de la Région Centre-Val de Loire. Les compétences présentes dans l'unité BioForA, adossées à ce plateau technique, permettent à INRAE d'occuper une position de leader international dans la transformation génétique et l'édition des arbres forestiers. Elles placent BioForA en tant qu'acteur incontournable du futur PEPR "Sélection végétale avancée face au défi climatique et à la transition agro-écologique".

Unité de recherche Ecosystèmes forestiers de Nogent-sur-Vernisson

Adaptation de la sylviculture pour faire face aux changements climatiques

La filière forêt-bois doit relever de nombreux défis, notamment l'adaptation et l'atténuation du changement climatique. Le mélange des essences ou de variétés, la réduction de la densité et l'irrégularisation des peuplements forestiers figurent parmi les principales recommandations.

Ces stratégies sylvicoles sont étudiées pour mieux cerner l'influence des facteurs biotiques tels que la compétition et abiotiques tels que les températures extrêmes et l'évolution des précipitations, sur différents processus et fonctions de l'écosystème forestier. Nos recherches étudient leurs effets sur le fonctionnement de l'écosystème et en particulier sur la disponibilité et l'utilisation des ressources par les arbres - eau, lumière, nutriments -, sur la croissance et la productivité, sur les dommages aux arbres, dont la mortalité, et sur la régénération.

Il s'agit de combiner observations, expérimentations et modélisation, en tirant profit notamment des infrastructures du domaine des Barres et du dispositif instrumenté OPTMix labellisé AnaEE installé et géré par l'unité Ecosystèmes forestiers de Nogent-sur-Vernisson en forêt d'Orléans sur quarante hectares, mais aussi en s'appuyant sur des dispositifs nationaux regroupés sur la plateforme In-Sylva comme le GIS Coopérative de Données pour la Modélisation de la Croissance.

Nos travaux permettent *in fine* d'apporter aux gestionnaires des conseils et des éléments d'aide à la décision pour la gestion des forêts de plaine : mode de sylviculture, éclaircies, régénération et végétation du sous-bois, etc.



Moyens

L'unité regroupe environ 60 personnes.

Elle dispose d'un laboratoire d'entomologie, d'un laboratoire de traitements d'échantillons de végétaux et de sols, de deux serres et d'espaces dédiés à l'expérimentation du végétal. Elle profite sur le domaine des Barres d'un domaine forestier de près de 150 ha et bénéficie aussi, pour l'expérimentation et les études, de la proximité des forêts domaniales d'Orléans et de Montargis.

Collaborations

L'unité développe un partenariat scientifique national (Universités, CNRS, MNHN) et international (en particulier le réseau européen ALTER-Net) directement en relation avec ses activités. Elle collabore également avec les universités et autres organismes régionaux (Université d'Orléans et de Tours, CNRS, INSA Centre-Val de Loire) et autres unités INRAE.

© WhitelabProd
Photo aérienne de l'unité EFNO.





© PAILLARD Gérard / INRAE



Unité de recherche de Zoologie Forestière



L'unité de Recherche de Zoologie Forestière (URZF) d'Orléans est composée de seize personnes. Elle est partenaire d'un laboratoire international associé franco-chinois sur les espèces invasives en Eurasie. Elle a pour objectifs généraux d'étudier la réponse des populations d'insectes forestiers ravageurs aux changements d'ordre anthropogénique et d'appréhender les processus à la base du succès de l'introduction, de l'établissement ou de la propagation d'espèces envahissantes ou émergentes.

Les recherches sont organisées en deux volets thématiques principaux :

- > les invasions d'insectes exotiques en lien avec l'intensification des activités anthropiques ;
- > les expansions d'insectes natifs posant des problèmes phytosanitaires ou sanitaires en lien avec le changement climatique.

Ces recherches pluridisciplinaires prennent de plus en plus en compte l'effet de la modification des habitats sur les risques d'invasion dans de nouveaux territoires et l'importance de se focaliser sur la phase d'introduction par des approches de détection à priori et précoce. Elles visent également à mesurer les risques écologiques et économiques de ces invasions/expansions et à en déduire des mesures de gestion. L'unité associe des chercheurs en écophysiologie, biologie et génétique des populations, systématique moléculaire, écologie et mathématiques appliquées. Elle dispose actuellement d'une pépinière, de chambres climatiques, d'un laboratoire de quarantaine, et un laboratoire dédié aux insectes urticants est prévu en 2024.



© BERTEL Olivier / INRAE

Unité de recherche et de service Info&Sols

Située sur le site orléanais, l'unité Info&Sols rassemble environ 70 personnes. Elle réalise des missions de recherche et de services dans le domaine des sols, de l'environnement et du développement de systèmes d'information.

Sa mission générale est de constituer et gérer les systèmes d'information à vocation nationale sur les sols, leur distribution spatiale, leurs propriétés et l'évolution de leurs qualités. L'unité réalise ou coordonne l'acquisition des données nécessaires et assure le contrôle de leur qualité. Elle crée et alimente les bases de données permettant l'archivage et l'exploitation des informations. L'unité gère un conservatoire national des échantillons de sols. L'activité s'exerce dans le cadre de la participation d'INRAE à un Groupement d'Intérêt Scientifique «Sol» regroupant le ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, l'ADEME, l'IRD, l'IGN, l'OFB, le BRGM et INRAE. L'unité approfondit

également les connaissances sur l'érosion hydrique des sols, la réserve en eau des sols et les mécanismes de production et de libération de gaz à effet de serre par les sols. Ces travaux contribuent à une meilleure préservation des sols, à une meilleure gestion de la ressource en eau, à la protection de la qualité de l'air, en particulier dans le contexte actuel des changements globaux. Ils s'inscrivent ainsi dans le cadre de l'agroécologie, discipline qui promeut une agriculture basée sur l'utilisation des interactions entre organismes et celles entre les organismes et leur milieu.





Centre INRAE Val de Loire
37380 Nouzilly
Tél. : 02 47 42 77 00

Rejoignez-nous sur :



<https://www.inrae.fr/centres/val-de-loire>

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



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE