

AGRONOMIE

LE CENTRE INRAe VAL DE LOIRE

Catherine BEAUMONT*

RÉSUMÉ : Implanté à Nouzilly, Ardon, Osmoy et Nogent-sur-Vernisson, fort de près 1 000 personnes, le centre INRAe Val de Loire mène des recherches sur la biologie des animaux, des arbres et des anthropodes associés, la santé animale et la gestion durable des élevages, des forêts et des sols, en lien étroit avec ses partenaires académiques et socio-économiques. Centré autour de thématiques particulièrement importantes pour le futur de l'agriculture, déjà porteur d'un des plus grands dispositifs européens de recherche en santé animale, le centre s'est fixé comme objectif de devenir un site de référence en sciences animales et un site ressource des sciences de l'environnement.

SUMMARY: Located in Nouzilly, Ardon, Osmoy and Nogent-sur-Vernisson, employing about 1.000 people, the INRAe Val de Loire center conducts research on biology of animals, trees and associated organisms. Research on animal health and the sustainable management of livestock, forests and soils is conducted in close collaboration with its academic and socio-economic partners. These objectives are particularly important for the future of agriculture. Already equipped with one of Europe's largest animal health research facilities, the center's objective is to become a reference site in animal sciences and a resource site for environmental sciences.

QUELQUES ÉLÉMENTS HISTORIQUES

La première implantation de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) en Touraine date de 1966, avec la création du centre de recherche de Tours, plus précisément implanté à Nouzilly (37), à vingt-cinq

* Membre de l'Académie de Touraine, Présidente du centre INRAe de 2009 à 2021.

kilomètres au nord de Tours, sur ce qui était auparavant le domaine du château de l'Orfrasière. Cette création résulte d'une décision de délocalisation de quatre équipes du centre de Jouy-en-Josas (78); elle répond aux exigences du cinquième plan (1966-1970), lequel prévoyait que 90 % des investissements soient réalisés en province.

Cette localisation a été choisie à l'issue d'une réflexion de plusieurs années, après examen de différentes hypothèses, dont une à proximité de la Source à Orléans et une en Bourgogne. Le choix est motivé par l'existence d'un large domaine (couvrant presque 600 hectares) qui permet de cultiver les céréales nécessaires à l'alimentation des animaux étudiés; il l'est aussi par la situation géographique, à égale distance de la Bretagne et de ses productions agricoles, de Surgères (Charente-Maritime), qui abritait alors un important centre de sélection avicole, et de l'Ile-de-France, avec notamment le centre de Jouy-en-Josas.

Le centre abrite alors quatre laboratoires de recherches : physiologie de la reproduction, recherches avicoles, pathologie de la reproduction et pathologie aviaire. Chacun dispose d'installations expérimentales. Le domaine assure la culture des 600 hectares; des services généraux apportent des compétences plus administratives et assurent la restauration des agents. Des logements de service sont rapidement créés pour permettre le suivi des animaux.

Au fil des années, les laboratoires se renforcent avec l'arrivée de spécialistes de parasitologie : création de l'unité de pathologie aviaire et parasitologie, renommée par la suite Bioagresseurs, santé, environnement ou BASE et de spécialistes de pathologie porcine; création de l'unité du même nom puis de l'unité Pathologie infectieuse et immunité (PII) par fusion de cette unité de pathologie porcine et de celle de pathologie de la reproduction. Ces deux unités ont par la suite fusionné dans l'unité Infectiologie animale et santé publique. Cette évolution correspondait à la tendance concomitante d'accroissement de la taille des unités; elle signalait aussi le fait que les recherches menées s'orientaient davantage vers la santé publique et la lutte contre les zoonoses.

En parallèle, les collaborations avec les partenaires académiques se renforcent, avec la création en 1997 de l'unité mixte de recherche (UMR) Physiologie de la reproduction des mammifères domestiques qui compte quatre tutelles : INRA, Université de Tours, CNRS et Haras nationaux

devenus par la suite Institut français du cheval et de l'équitation (IFCE). Cette UMR intègre des spécialistes du comportement et devient UMR Physiologie de la reproduction et des comportements. En 2012, l'UMR INRA-Université de Tours Infectiologie et santé publique est créée, suivie en 2016 par l'UMR INRA-Université de Tours Biologie des oiseaux et aviculture.

De même, les installations expérimentales se renforcent pour répondre aux besoins de recherche des différents laboratoires avec des dispositifs variés, du suivi de la reproduction aux systèmes d'élevage et aux dispositifs d'imagerie et de prélèvement, et ce sur l'ensemble des espèces d'élevage : bovins, ovins, caprins, équins, porcins et volailles. Des avancées indispensables et innovantes sont réalisées, en particulier en termes de protection contre les agents pathogènes, que ce soit pour élever des animaux indemnes de toute maladie et éviter ainsi les risques d'interaction entre agents pathogènes ou pour pouvoir étudier en toute sécurité les interactions entre ces mêmes agents et leurs hôtes. Deux installations sont emblématiques de ces progrès : le bâtiment dédié à l'élevage de poulets exempt d'organismes pathogènes spécifiques (EOPS) et l'animalerie confinée INPREST (Installation nationale protégée pour la recherche sur les encéphalopathies spongiformes transmissibles), inaugurée en 2008. Une plate-forme d'étude par imagerie et chirurgie est développée depuis 2021 avec l'université et le CHRU sous le nom de CIRE puis de Pixanim.

Le centre de recherche Val de Loire est créé le 1^{er} janvier 2013, par fusion des centres de Tours et d'Orléans. Ce dernier s'était constitué en 1974 à partir d'équipes venues du centre INRA de Versailles, dans le but de créer le service d'étude et de cartographie des sols de France, et d'équipes du centre de Nancy pour étudier la génétique et la physiologie des arbres forestiers ainsi que la zoologie forestière des insectes ravageurs.

En 2020, l'institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAe) est créé par fusion entre INRA et l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea, précédemment Cemagref). De ce fait, l'unité Irstea nommée Écologie forestière de Nogent-sur-Vernisson (45), située sur le domaine des Barres et qui abrite un arboretum créé par la famille Vilmorin est rattachée en 2020 au centre.

ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES

Le centre Val de Loire accueille aujourd'hui près de 1 000 personnes dont 754 personnes employées par INRAe. Il compte quatre sites, Tours-Nouzilly, avec 752 personnes, Orléans-Ardon, 249 personnes, Nogent-sur-Vernisson, 38 agents et Bourges-Osmoy (18), 38 personnes, et est structuré autour de quatre identifiants :

- dynamique des sols et gestion de l'environnement ;
- biologie des arbres et de la biodiversité associée pour la gestion durable des écosystèmes forestiers ;
- infectiologie et *One Health*¹ ;
- biologie animale et durabilité des systèmes d'élevage.

L'ensemble des recherches menées visent à contribuer à l'adaptation des systèmes agricoles et forestiers au dérèglement climatique, dans un contexte de changement global. Ils ont un double impact, direct par la conservation et le choix de ressources génétiques forestières et animales et le développement de nouveaux critères d'adaptation à ce changement, et indirect par une gestion intégrée de la santé, l'amélioration de la durabilité des systèmes d'élevage et l'étude des espèces envahissantes (principalement les insectes à l'origine de la plupart des maladies des arbres). La performance économique, environnementale, territoriale, sanitaire et sociale de l'agriculture est également un objectif partagé, de même que la volonté d'atteindre la sécurité alimentaire dans un contexte de transitions et de changements planétaires.

Les deux premiers identifiants sont étudiés sur les sites d'Orléans et Nogent-sur-Vernisson, en cohérence avec les forces régionales sur les sciences de l'univers et l'environnement, les deux autres thématiques sur les sites de Tours et Bourges.

Dynamique des sols et gestion de l'environnement

Cette thématique regroupe 68 agents de l'unité de recherche Science du sol (UR Sols) et de l'unité de service InfoSol. Les équipes étudient les

1. Concept *One Health* : prise en compte globale de la santé animale, humaine et environnementale.

interactions entre les propriétés physiques des sols et leurs émissions de gaz à effet de serre ainsi que les modalités de gestion quantitative de la ressource en eau. Elles gèrent l'ensemble du programme français de cartographie et de surveillance des sols, particulièrement important pour les agriculteurs et pour le suivi de cette ressource indispensable que constituent ces sols.

Ce pôle bénéficie d'un écosystème particulièrement favorable du fait des forces du campus orléanais, – Bureau des ressources géologiques et minières (BRGM), CNRS, INRAe, Université... –, dans le domaine des sciences de l'environnement, notamment sur l'étude des sols et milieux avec la possibilité d'accéder à des prototypes innovants de mesures des paramètres environnementaux et des ressources uniques en termes de systèmes d'information environnementaux.

Biologie intégrative des arbres de la biodiversité

219 personnes, dont 106 titulaires INRAe, étudient cette thématique avec un remarquable partenariat international et en particulier deux laboratoires internationaux associés avec l'Argentine et la Chine. Ses recherches sont aujourd'hui réparties sur cinq unités :

- l'UMR INRAe – Office National des Forêts Biologie intégrée pour la valorisation de la diversité des arbres et de la forêt (BioForA);
- l'unité de recherche Zoologie forestière (URZF);
- l'unité expérimentale Génétique et biomasse forestière (GBFor);
- l'unité Écologie Forestière de Nogent-sur-Vernisson (EFNO);
- l'unité sous contrat, le Laboratoire de biologie des ligneux et des grandes cultures (LBLGC) de l'université d'Orléans.

Ces unités assurent le continuum d'une recherche cognitive à une recherche opérationnelle, y compris des missions de service public, dans le domaine des ressources génétiques et de la gestion des écosystèmes forestiers. Elles étudient les mécanismes génétiques et physiologiques de formation du bois, à différentes échelles, de la paroi végétale aux populations d'arbres. Leurs recherches portent aussi sur la valorisation et la conservation des ressources génétiques forestières en vue d'une production durable de bois dans un contexte climatique changeant. À partir d'expérimentations

développées sur l'ensemble du territoire français et à l'international, ces recherches concernent aussi la réponse des insectes forestiers aux changements d'origine anthropique et ses conséquences sanitaires pour les arbres, les animaux et l'homme. À partir d'observations et d'expérimentations, ces unités étudient également l'influence des pratiques sylvicoles, du changement climatique et des ongulés sur le fonctionnement et la biodiversité des forêts.

Les recherches de ce pôle bénéficient d'un important dispositif expérimental sur 60 hectares de pépinières dont 2000 m² de serres. S'y ajoutent plus de 1000 hectares de parcelles expérimentales dont le dispositif OPTMix (Oak Pine Tree Mixture), réseau de 40 hectares de parcelles expérimentales plantées de différentes espèces d'arbres et fortement instrumentées pour permettre un suivi fin des paramètres environnementaux. L'ensemble permet la création, la caractérisation, la conservation et la valorisation des ressources génétiques forestières.

Infectiologie et One Health

Très fortement structuré, le pôle de santé animale de Tours compte deux unités, l'UMR Infectiologie et santé publique (200 personnes dont 111 titulaires INRAe) et la Plate-forme d'infectiologie expérimentale (51 agents INRAe), labellisée ISO 9001. Il constitue une structure unique en France. Mener des protocoles expérimentaux en confinement de niveaux 2 et 3 implique en effet non seulement des infrastructures adaptées mais aussi un personnel qualifié pour assurer un suivi rigoureux des protocoles et la maintenance des dispositifs.

Regroupant des équipes universitaires et INRAe sur deux sites (Nouzilly et Tours) distants de 25 kilomètres, ce pôle a pour objectif principal de décrypter les mécanismes du processus infectieux sur l'animal de rente ou l'animal modèle. Il mène ses recherches sous trois angles complémentaires :

- la compréhension de la réponse de l'hôte ;
- l'étude des mécanismes de résistance aux antibiotiques et aux antiparasitaires ;
- les mécanismes d'évolution des agents pathogènes et de développement, à l'échelle des populations, du processus infectieux en relation avec les écosystèmes.

Ce pôle est en pleine cohérence avec les forces régionales de recherche publiques et privées dans le domaine du médicament. Il est notamment partenaire du Laboratoire d'excellence (LabEx) MabImprove d'étude des anticorps thérapeutiques et porte le Master Erasmus Mundus «Infectious diseases and One Health (IDOH)», le réseau européen Vetbionet (Veterinary biocontained facility network) regroupant les infrastructures d'infectiologie animale de grande taille et la fédération régionale d'infectiologie qui rassemble l'ensemble des équipes du Grand Ouest travaillant dans ce domaine.

Biologie animale intégrative et durabilité des systèmes d'élevage

Avec plus de 500 agents dont 300 titulaires, ce pôle est numériquement le plus important du centre. Il compte deux unités de recherche :

- l'UMR INRAe-Université de Tours-CNRS-Institut français du cheval et de l'équitation (IFCE) Physiologie de la reproduction et des comportements (PRC);
- l'UMR INRAe-Université de Tours Biologie des oiseaux et aviculture (BOA), créée au 1er janvier 2018.

Cet identifiant englobe aussi les unités expérimentales Physiologie animale de l'Orfrasière (PAO), Pôle d'expérimentation avicole de Tours (PEAT) et Domaine de Bourges.

Une majorité de ses équipes mène des recherches fondamentales et appliquées sur la fonction de reproduction et les comportements liés à la reproduction et aux relations sociales, pour produire des connaissances académiques, répondre aux préoccupations de la société, notamment sur le bien-être des animaux d'élevage et proposer des innovations pour améliorer la maîtrise de la reproduction et les relations sociales. Leurs travaux répondent à trois défis :

- comprendre les mécanismes neuroendocrinologiques de la fonction de reproduction et les mécanismes impliqués dans les relations sociales, les émotions et les capacités cognitives ;
- acquérir, intégrer et modéliser le fonctionnement des systèmes physiologiques impliqués dans les fonctions de reproduction ;

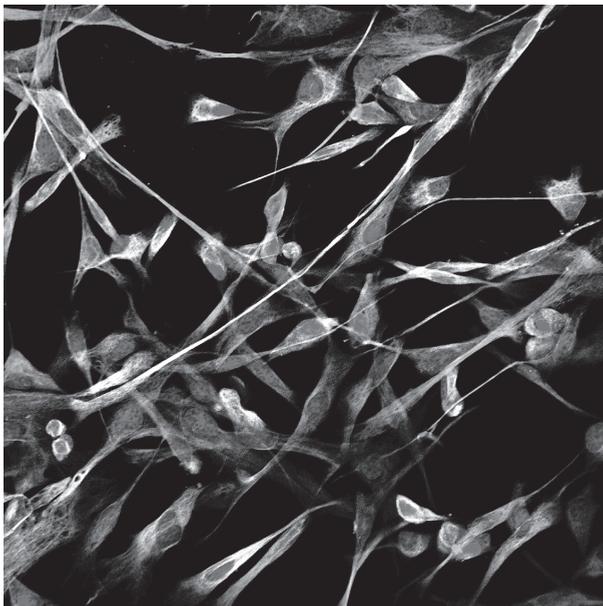


Fig. 1 : Cartographie de constituants moléculaires et cellulaires des organes (ici tanycytes) (Martine Batailler, INRAE).



Fig. 2 : IRM de la plateforme Pixanim (©PIXANIM@INRAE).

- identifier les mécanismes biologiques de mémorisation d'un changement environnemental (stress) sur la formation des gamètes et le développement de l'embryon et l'évaluation de ses conséquences sur l'expression et la conservation du phénotype.

Les études réalisées en physiologie et génétique animale contribuent à l'amélioration de la durabilité des systèmes d'élevage avicoles. L'ensemble de ces recherches permettront d'autant plus d'apporter des réponses aux questions de société que ce pôle a développé un partenariat particulièrement fort, que ce soit à l'échelle locale avec l'accueil sur site de partenaires agricoles et de start-up ou internationale avec un laboratoire international associé.

Quatre de ses quinze équipes sont insérées dans le LabEx Mabimprove et le grand programme régional Ambition Recherche Développement 2020 Biomédicament. Le pôle s'appuie sur la plate-forme Université-Inra-CHRU de Chirurgie et d'imagerie pour la recherche et l'enseignement (CIRE, devenu Pixanim). Le développement de l'imagerie (IRM, scanner...) associé à la spectrométrie de masse permet la cartographie des constituants moléculaires des organes (Fig. 1). Ces nouvelles technologies ouvrent de larges perspectives pour comprendre les mécanismes expliquant les comportements et la reproduction. Ces compétences scientifiques se nourrissent également d'un très important dispositif expérimental (Fig. 2).

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Avec 264 agents, le centre est en mesure de mener à bien des protocoles variés sur les animaux de rente, mammifères et volailles, et rongeurs de laboratoire.

Les capacités d'accueil sont de 140 chevaux (Fig. 3), 170 bovins, 480 porcins, 600 caprins, 5 000 ovins, 9 400 volailles et 3 000 rongeurs. Elles permettent d'étudier des caractères complexes comme la robustesse, la fertilité ou l'efficacité alimentaire à diverses échelles, de l'animal au troupeau, et dans des conditions d'élevage et d'alimentation particulièrement maîtrisées, en lien avec le sol et les pratiques agricoles. Il dispose pour ce faire de près de 1 500 hectares dont plus de 720 sont propriété de l'institut. 75 000 m² de bâtiments d'élevage et de serres complètent ce dispositif ; 4 800 m² sont des



Fig. 3 : Poneys Welsh de Nouzilly (cliché INRAE, Nicolas Bertrand).

installations confinées de niveau 3 dédiées à l'étude des maladies animales les plus contagieuses.

La plate-forme d'infectiologie expérimentale (PFIE) dispose d'installations confinées de niveaux 2 et 3 (plus fort niveau pour des installations dédiées à des maladies animales). Le laboratoire de quarantaine pour les insectes potentiellement envahissants et le nouveau Laboratoire d'ingénierie cellulaire de l'arbre (LICA, UMR BioForA) couplant laboratoire et serre de niveau de confinement 2, complètent ce dispositif. Des études d'agroécologie sont mises en place en collaboration, notamment sur la complémentarité entre élevage et sols. L'unité de méthanisation implantée sur Nouzilly est un outil complémentaire.

Le centre porte plusieurs plates-formes technologiques :

- la plate-forme INRAe –CHRU-Université de Tours CIRE, labellisée IBiSA et ISO 9001, dotée d'une IRM et d'un scanner et d'un service de spectrométrie de masse, permet de développer des méthodologies innovantes tout en réduisant le nombre d'animaux et en affinant les observations, en lien avec les règles des 3R² d'éthique en expérimentation animale ;

2. Réduire les effectifs animaux, Raffiner les mesures réalisées et Remplacer l'expérimentation animale.

- quatre centres de ressources biologiques (animales, bactériologiques, forestières et pédologiques) sont parties prenantes de l'Infrastructure nationale RARE³;
- insérée dans le réseau régional de plates-formes environnementales PIVOTS⁴, la plate-forme dite PESAA⁵ sur les Echanges Sol-Atmosphère dans les sols agricoles permet d'étudier les interactions entre services écosystémiques;
- la plate-forme Génobois permet le phénotypage à haut débit des propriétés du bois et de sa résistance à la sécheresse notamment par spectroscopie par proche infrarouge;
- les unités sont partenaires de plusieurs infrastructures et dispositifs (Xyloforest, Genius, AnaEE-S, AnaEE-OPTMix) financés par les investissements d'avenir : Plate-forme d'innovation Forêt-Bois-Fibre-Biomasse du futur dite Xyloforest, Programme Genius, Infrastructure d'analyse et expérimentation sur les écosystèmes (AnaEE) à travers les études sur les sols et le dispositif OPTMix;
- le centre abrite également l'unité de service InfoSol avec le conservatoire européen des échantillons de sols et la gestion des systèmes d'information nationaux sur les sols, les observatoires de recherche en environnement et les pratiques agricoles.

Toutes ces infrastructures collectives sont ouvertes à l'ensemble de la communauté scientifique.

FONCTIONNEMENT SCIENTIFIQUE DU CENTRE

Fort de ses atouts, le centre mène de longue date une politique volontariste de développement de son partenariat.

Sur le plan académique, il compte trois unités mixtes de recherche avec l'université de Tours (dont l'une avec également le CNRS et l'IFCE). Cette université se retrouve ainsi à la 97^e place mondiale et la deuxième place

3. Ressources Agronomiques pour la Recherche.

4. Plates-formes expérimentales Métrologie-environnementale et remédiation, voir <https://plateformes-pivots.eu/>

5. <https://plateformes-pivots.eu/pesaa/>

française du classement de Shanghai pour les sciences vétérinaires. Ses équipes sont partenaires de deux des trois LabEx régionaux. Elles ont largement contribué à la mise en place de plusieurs Masters en sciences animales et forestières. Sur le plan international, le centre porte déjà trois laboratoires internationaux (avec le Mexique, l'Argentine et la Chine). Son attractivité se traduit par le recrutement régulier de chercheurs titulaires de nationalité étrangère.

En termes de partenariat agricole, le centre INRAe Val de Loire accueille de longue date des professionnels. L'implantation d'une équipe de l'Institut technique avicole (Itavi, 15 personnes) et du Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (Sysaaf, 8 personnes) a facilité la création d'une unité mixte technologique INRAe-Itavi-Sysaaf-Itab⁶, Bird-Aster⁷. Le centre héberge également Fibois, l'Interprofession de la filière forêt-bois en région Centre-Val de Loire, et l'UMR INRAE-Office National des Forêts BioForA. Il est membre du bureau du pôle de compétitivité DREAM Eaux et milieux.

Une démarche volontariste d'accueil de partenaires dans des locaux rénovés avec des financements des collectivités territoriales est menée avec la direction du partenariat et transfert pour l'innovation. Elle a déjà permis l'accueil de 24 personnes en 8 ans, dans quatre start-ups dont trois créées par des chercheurs du centre⁸, et Alice⁹ qui a construit sur le centre une station expérimentale puis un centre de formation.

RÉFÉRENCES

CORNU (Pierre), VALCESCHINI (Egizio), MAEGHT-BOURNAY (Odile) (2018), *L'histoire de l'Inra, entre science et politique*. Quae, Versailles.
<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/plaquette-centre-VLD-2021-Fr-web.pdf>
Plaquette du centre INRAe Val de Loire

6. Institut Technique de l'Agriculture Biologique.

7. Biologie et Innovation pour la Recherche et le Développement en Aviculture Système et Territoire.

8. Repropharm Vet et Igyxos issus en 2017 de la start-up Repropharm créée en 2009 ainsi que MabSilico créé en 2017.

9. Union de coopératives d'élevage qui fédère toutes les entreprises françaises de sélection et de reproduction animales ainsi qu'une entreprise de sélection belge.