



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

AgroParisTech 
Talents d'une planète soutenable

Stratégie recherche d'AgroParisTech 2023-2030





Table des matières

AgroParisTech définit sa stratégie recherche 2023-2030	3
La recherche à AgroParisTech	6
Une recherche ouverte sur sa communauté, en prise directe avec la société	7
Une formation par et à la recherche.....	9
Une politique de soutien à la recherche et à l'innovation	10
Les axes de recherche à AgroParisTech	12
Présentation générale des axes de recherche à AgroParisTech	12
Comprendre les changements globaux en œuvre	13
Accompagner les transitions des systèmes de productions agricoles	15
Proposer des transformations alimentaires et non alimentaires durables	18
Accompagner les transitions de la gestion des ressources naturelles et la préservation/restauration de l'environnement	20
Accompagner la transition alimentaire au bénéfice de la santé humaine et de l'environnement.....	24
Analyser des données complexes et multi-échelles pour aborder les enjeux majeurs et répondre aux défis	26
Fédérer les démarches de modélisation mécaniste	27



AgroParisTech définit sa stratégie recherche 2023-2030

AgroParisTech est l'Institut national des sciences et industries du vivant et de l'environnement. Il remplit, dans ses domaines de compétences, trois missions fondamentales pour répondre aux enjeux que pose la société : la formation d'ingénieurs, de masters, de doctorants mais également la formation continue ; la production et la diffusion de connaissances scientifiques ; l'innovation et le transfert de savoir-faire et de technologies. La recherche est la clé de voûte pour mener à bien ces missions avec une formation nourrie des dernières avancées scientifiques, une formation à et par la recherche que l'on retrouve tout au long du cursus des apprenants, une innovation adossée à la recherche et capable de l'alimenter. En retour, la recherche menée par l'établissement bénéficie directement des questionnements portés par des étudiants mobilisés par les grands enjeux et défis actuels, et du lien au monde de l'entreprise et à la société au sens large à travers les partenariats de l'établissement, l'accueil des étudiants pendant leur formation ou le recrutement des diplômés.

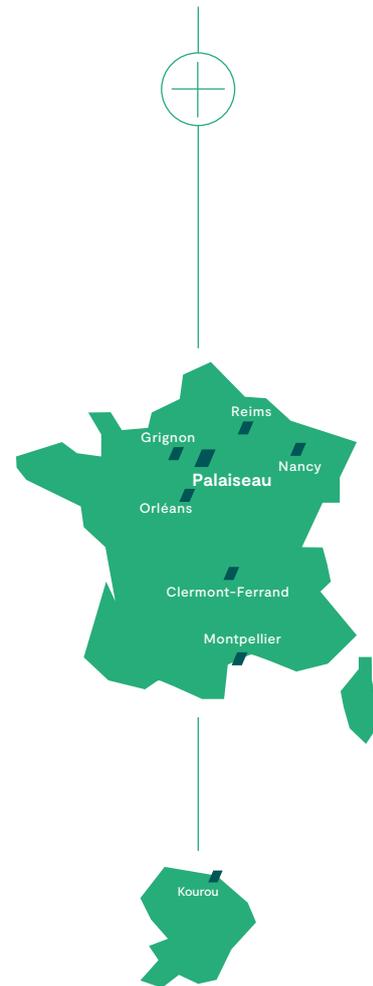


Au 1^{er} janvier 2023, la recherche à AgroParisTech emploie plus de 250 cadres scientifiques qui effectuent pour la plupart leurs recherches dans l'une des 24 unités (dont 23 unités mixtes de recherche) sous tutelle d'AgroParisTech et sur l'un des 7 sites de l'établissement (Clermont-Ferrand, Kourou, Montpellier, Nancy, Orléans, Palaiseau, Reims). La présence de campus sur tout le territoire permet à l'établissement d'avoir une proximité avec une diversité d'acteurs et de territoires, avec des climats, des socio-écosystèmes, et des problématiques variées. Outre une dynamique propre et riche de chacun des sites, le regroupement récent des quatre sites franciliens sur un même site à Palaiseau favorise les échanges au sein de l'ensemble de la communauté d'AgroParisTech et le dialogue interdisciplinaire, deux marqueurs importants de la recherche de l'établissement.

La recherche d'AgroParisTech se fait évidemment en lien avec ses partenaires nationaux de l'enseignement supérieur et de la recherche, à commencer par les autres tutelles des unités de recherche que compte l'établissement. S'agissant des organismes nationaux de recherche, INRAE est cotutelle de 19 d'entre elles, le CNRS l'est pour 7, le CIRAD pour 3. S'agissant des Universités, les liens sur nos sites avec l'Université Paris-Saclay (14 unités en cotutelle), l'Université de Lorraine, l'Université de Montpellier, l'Université Clermont-Auvergne, l'Université Reims Champagne-Ardenne et l'Université de Guyane sont forts, tant au niveau de la formation que de la recherche. AgroParisTech est membre fondateur de l'Université Paris-Saclay, structurée en Graduate Schools (GS) pour organiser sa recherche et sa formation master et doctorat. AgroParisTech pilote dans ce cadre la GS Biosphera tout en participant à plusieurs autres GS.

Les partenariats internationaux sont également essentiels à la mise en œuvre de la stratégie recherche d'AgroParisTech. L'établissement est ainsi l'un des membres fondateurs de l'alliance EBU (*European Bioeconomy University*). EBU regroupe six établissements d'enseignement supérieurs européens couvrant les différents champs de la bioéconomie (production primaire agricole et forestière, alimentation, biotechnologies...). Outre AgroParisTech, en sont membres l'Université d'Hohenheim (Allemagne), l'Université de Wageningen (Pays-Bas), la BOKU – Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la vie de Vienne (Autriche), l'UEF – Université de Finlande Orientale (Finlande) et l'Université de Bologne (Italie). Cette alliance permet la mise en place d'une réflexion et d'une communication communes ; elle est le socle de plusieurs projets de formation, recherche et innovation, dans une thématique, la bioéconomie vue au sens large. L'établissement compte renouveler prochainement sa stratégie à l'international, celle-ci datant de 2015. Elle devrait, outre l'identification des partenariats clés, encourager l'accueil de collègues internationaux, la mobilité de nos cadres scientifiques et renforcer la capacité d'AgroParisTech à s'intégrer dans l'espace européen de la recherche, notamment via une augmentation de son engagement dans Horizon Europe.

La stratégie de recherche qu'AgroParisTech souhaite présenter et partager s'entend à horizon 2030. Elle porte à la fois sur des thématiques spécifiques à l'établissement et sur la façon de faire de la recherche au sein d'AgroParisTech en y impliquant l'ensemble de sa communauté. Ce document a été élaboré avec les cinq départements de formation et de recherche de l'établissement, les directions concernées, a été présenté pour discussion à nos étudiants de première année pour bénéficier de leur regard neuf, avant d'être soumis, pour avis, aux instances de l'établissement (Conseil scientifique et Conseil d'administration) et aux unités sous tutelle d'AgroParisTech.





AgroParisTech a su, au fil du temps, identifier et renforcer ses atouts et son originalité au service d'une recherche pluridisciplinaire, innovante, ouverte, éthique et déontologique, allant de questions fondamentales à des applications finalisées et vice versa, en symbiose avec sa mission de formation et en prise directe avec le monde socio-économique en général. C'est ce que ce document présente dans une première partie.

Dans une seconde partie, sont détaillées les thématiques de recherche prioritaires de l'établissement, auxquelles l'établissement souhaite consacrer davantage de moyens humains et financiers, réparties en :

cinq axes thématiques :

- la compréhension des changements globaux en œuvre et l'accompagnement des transitions ;
- des systèmes de productions agricoles ;
- des transformations alimentaires et non-alimentaires ;
- de la gestion des ressources naturelles et de la préservation/restauration de l'environnement ;
- de l'alimentation ;

et deux axes transverses :

- structurer l'implication d'AgroParisTech en science des données ;
- fédérer les approches de modélisation au sein de l'établissement.





La recherche à AgroParisTech

Cette première partie du document présentant la stratégie de recherche d'AgroParisTech décrit les grandes caractéristiques et modalités de la recherche à AgroParisTech, qu'il s'agisse des valeurs d'éthique et d'ouverture, de soutien à la recherche menée par ses agents et au sein de ses unités de recherche ou des liens symbiotiques avec la formation, le transfert de connaissance et l'innovation.

Ces caractéristiques, que l'établissement a construites et revendiquées au cours de ces dernières années, seront renforcées lors de la mise en œuvre de la stratégie recherche.

Deux marqueurs majeurs que l'on retrouvera tout au long du document sont à signaler :

- la pluridisciplinarité, avec une appétence pour les approches systémiques et l'assemblage de connaissances pluridisciplinaires souvent relevée dans les recherches à AgroParisTech, aptitude liée à la fois au caractère thématique et multidisciplinaire de la formation d'ingénieurs, qui plus est dans les domaines du vivant et de l'environnement, ainsi qu'aux fréquentes opportunités de dialogue offertes par un établissement qui reste à taille humaine ;
- l'intérêt largement partagé pour la notion de territoires, avec une diversité d'approches mobilisées au sein de l'établissement, et qui ne se résume pas à une simple question d'échelles (parcelles, exploitations, régions, pays, planète). Au-delà des approches scalaires, c'est saisir les réalités territoriales qui s'instituent par les acteurs qui permet d'explicitier les modèles et les pratiques professionnelles à l'œuvre et celles qui seront nécessaires pour relever les défis des transitions à opérer.





Une recherche ouverte sur sa communauté, en prise directe avec la société

Poursuivre la réflexion sur l'éthique et la déontologie à AgroParisTech en s'appuyant sur une culture du dialogue

AgroParisTech est engagé sur les questions d'éthique, de déontologie et d'intégrité scientifique pour une recherche reconnue et dans laquelle la société peut avoir confiance. Ainsi, AgroParisTech a adopté une charte d'éthique et de déontologie en juin 2016, avec la création d'une cellule éthique et déontologie, puis a nommé au 1^{er} janvier 2018 un référent à l'intégrité scientifique. L'établissement dispose de plusieurs référentiels, notamment sur le plagiat dans les activités de recherche et sur des recommandations s'agissant des auteurs de publications. Il propose des formations et des conférences dédiées à ces sujets.

AgroParisTech entend renforcer ces actions dans les années à venir en faisant émerger au sein de sa communauté davantage de questions sur ses thématiques de recherche, ses approches, la portée des résultats obtenus. Ces questions seront autant d'occasions pour l'établissement d'enrichir ses réflexions, son positionnement et ses référentiels, en mobilisant la cellule éthique et déontologie et le référent à l'intégrité scientifique. AgroParisTech s'appuiera sur une culture du questionnement et du dialogue que l'établissement compte encourager au sein de sa communauté en multipliant les espaces de discussions, notamment entre ceux qui contribuent à la recherche (les cadres scientifiques, mais aussi les personnels techniques en soutien à la recherche) et ses étudiants.



Poursuivre la mise en œuvre de la feuille de route sur la Science ouverte

AgroParisTech est particulièrement investi dans la science ouverte depuis une dizaine d'années, en lien avec ses partenaires et avec les évolutions observées à toutes les échelles (on peut citer les mesures mises en place par des acteurs tels que la Commission européenne depuis 2014, la Loi française pour une république numérique en 2016, le Plan national pour la science ouverte en 2018 et le Plan S porté par une coalition d'agences de financement en 2021). AgroParisTech s'est doté fin 2019 d'une politique sur la science ouverte et fin 2020 d'une politique sur la gestion et l'ouverture des données de la recherche. Les principes de la science ouverte sont progressivement inclus dans les différentes missions et activités d'AgroParisTech en lien avec la recherche : outils internes de financement, formation continue, enseignement, communication, etc. L'articulation avec la politique d'innovation fait l'objet d'une attention particulière pour identifier les possibilités de synergie.

Des moyens sont mis en œuvre :

- désignation d'une chargée de mission en charge de la science ouverte et de deux chargées de mission en charge des données de la recherche ;
- mise en place de structures d'animation et d'accompagnement (comité science ouverte, cellules données de la recherche et HAL, réseau de référents données de la recherche dans les unités) ;
- mise en place d'un budget pour le soutien de nos actions mais aussi des infrastructures nationales et internationales.

La mise en œuvre de la feuille de route d'AgroParisTech s'inscrit dans le temps long, intègre l'ensemble de la « chaîne de production » de la recherche et se concrétise au sein de collectifs impliquant les différents partenaires de l'établissement.



Etendre les actions en faveur du lien sciences et société et mettre en œuvre la recherche participative dans toutes ses dimensions

AgroParisTech, qui disposait déjà d'un chargé de mission « sciences et société », s'est également doté d'une politique sciences et société depuis novembre 2020. Un comité de pilotage, représentant la communauté AgroParisTech, a été mis en place à cette occasion, ainsi qu'un appel à projet interne annuel et un dispositif de soutien au fil de l'eau. L'établissement entend ainsi faciliter la rencontre, le dialogue et le débat entre la recherche et la société, en s'appuyant sur la culture du dialogue qu'il compte promouvoir, comme déjà évoqué. Il s'agit surtout d'impliquer davantage la société dans la recherche menée à AgroParisTech et de repenser nos objets de manière plus systémique en intégrant les relations à la société dans la définition de nos problématiques.

AgroParisTech a engagé de longue date des actions phares sur la thématique sciences et société. On peut citer, outre la participation chaque année à la Fête de la Science, les portraits de chercheurs (portraits vidéo de 6 minutes environ présentant les parcours de cadres scientifiques et leur thématique de recherche)

et les Disputes (trois débats sur une même thématique annuelle, ouverts au public, abordant les nombreuses controverses autour du vivant et de l'environnement). Il s'agit désormais de repenser et d'étendre ces actions autour des différents sites d'AgroParisTech, en cherchant à dialoguer avec différents publics. Une action à amplifier consisterait notamment à sensibiliser les lycéens à la controverse et au dialogue.

En termes de recherche participative, des cadres scientifiques de l'établissement sont déjà bien engagés dans des actions de recherche associant la société, notamment pour la récolte de données sur une échelle très large. Un travail d'enquête sera réalisé pour mieux comprendre quelles sont les pratiques existantes au sein de l'ensemble de la communauté de recherche d'AgroParisTech. L'établissement souhaite s'impliquer davantage sur un autre aspect de la recherche participative en associant la société dès la définition des questions de recherche et pas uniquement dans la production de données. Par ailleurs, parmi les axes envisagés, l'établissement compte impliquer ses étudiants, talentueux et engagés. Il est ainsi prévu, chaque année universitaire, de mettre en discussion la stratégie recherche de l'établissement auprès des élèves en première année, encore en phase de découverte d'AgroParisTech et de ses recherches, mais avec de nombreux questionnements et une base scientifique propice à une discussion riche et représentative des enjeux majeurs identifiés par notre société.



Mettre en œuvre la politique de responsabilité sociale et environnementale (RSE) dans la recherche

En matière de responsabilité sociale et environnementale (RSE), AgroParisTech se donne pour mission d'être un lieu de recherche et d'expérimentation de solutions pour accélérer les transitions nécessaires. Il souhaite également faire grandir une communauté d'acteurs exemplaires dans la prise en compte des enjeux RSE, dans la conduite de toutes les activités de l'établissement. S'agissant de la recherche, AgroParisTech a planifié plusieurs actions : soutenir

la mise en place dans les unités de recherche d'une trajectoire de réduction des impacts négatifs des activités, dont la réduction des émissions de gaz à effet de serre, en lien avec les autres tutelles et en s'appuyant sur les expérimentations déjà engagées ; lutter contre toute forme de discrimination dans les activités de recherche dans lesquelles l'établissement est impliqué ; questionner systématiquement la dimension RSE des réponses faites aux appels d'offres de l'établissement en soutien à la recherche ; encourager des projets de recherche, à l'échelle de l'établissement, à même d'accompagner la mise en place d'approches multicritères et d'indicateurs intégrant des aspects sociétaux et environnementaux, parfois difficiles à concilier, pour permettre d'appréhender la contribution des actions de l'établissement en faveur de sa politique de RSE.



Une formation par et à la recherche

Maintenir l'excellence de la formation doctorale

AgroParisTech délivre le diplôme de doctorat à l'échelle nationale, au sein de trois écoles doctorales (ABIES, GAIA et SIRENA), et son implication pour le doctorat au sein de l'école doctorale ABIES est majeure. L'établissement met des moyens importants pour proposer des formations de haut niveau visant à développer toutes les compétences d'un jeune chercheur. Il s'agit de formations scientifiques transverses (modélisation, statistiques), de formations à la communication, de formations pour préparer la suite de la carrière mais également de formations à la science ouverte, à la gestion du stress, à l'interculturalité, au montage et à la gestion de projets, à la valorisation et au transfert de technologies et de connaissances.

L'établissement cherche également à entretenir un contexte pluridisciplinaire pour que les doctorants bénéficient d'une ouverture scientifique large et développent leurs capacités à mobiliser plusieurs disciplines pour répondre à une question thématique. Il favorise les rencontres et échanges entre doctorants ayant des approches différentes d'un même enjeu de société ou d'un même front de science. Dans le cadre d'ABIES, il investit également des moyens importants dans le suivi de ses doctorants et de ses docteurs, de l'avant-thèse à plusieurs années après la thèse, en y associant sa communauté d'encadrants. Le point le plus marquant est la réunion du comité de thèse qui se tient annuellement, en incluant un référent de l'école doctorale, et qui est systématiquement suivie d'un point individuel avec la direction de l'école doctorale. Enfin, AgroParisTech se donne les moyens d'une amélioration continue en interrogeant régulièrement les doctorants, les encadrants et les directions d'unités de recherche pour mettre en œuvre les actions appropriées, avec l'appui du conseil de l'école doctorale mais également celui du conseil scientifique de l'établissement.

Amplifier la sensibilisation à la recherche des jeunes élèves ingénieurs

AgroParisTech a mis en place en 2016 un dispositif s'intitulant « La recherche et moi » visant à permettre aux élèves ingénieurs d'AgroParisTech, notamment au cours des deux premières années de la formation, de découvrir la recherche et ses métiers, en particulier via une insertion dans des structures de recherche, des modules de formation dédiés et des sessions d'information. Le dispositif, qui s'appuie sur un suivi personnalisé, permet à tous les étudiants qui s'interrogent sur une carrière dans la recherche ou sont curieux de mieux connaître la recherche de tester leur appétence à la recherche et de bénéficier très tôt d'une explicitation des métiers de la recherche dans toutes leurs dimensions (organisation d'une unité de recherche, place de l'international dans les activités de recherche, innovation, transfert technologique, diffusion des connaissances et science ouverte, sciences et société, éthique et déontologie...) et du doctorat en particulier. Le périmètre de l'accueil dans les unités de recherche n'est pas restreint aux seules unités dont AgroParisTech est tutelle, ni même à la recherche académique. Il se définit en fonction des échanges avec les étudiants intéressés. AgroParisTech entend, au cours des prochaines années, amplifier le dispositif en identifiant et en mobilisant davantage de structures d'accueil, y compris dans le secteur privé, et en le coordonnant avec les dispositifs similaires de ses partenaires académiques.





Une politique de soutien à la recherche et à l'innovation

Renforcer le soutien au montage et à la gestion de projets de recherche

AgroParisTech dispose d'un dispositif de soutien financier générique pour l'ensemble de ses unités de recherche et de ses cadres scientifiques en dehors de ces unités. Il a mis en place également une politique de soutien plus spécifique, via un appel d'offres annuel, avec quatre destinations, l'équipement des unités, des fonds d'amorçage, des fonds « jeux de données », et des fonds plus conséquents pour des projets fédérateurs (trans-disciplines, trans-départements, trans-centres et/ou trans-unités). Les fonds d'amorçage ont pour objectif de générer des premiers résultats prometteurs favorisant la construction de projets plus ambitieux par la suite. Ils sont particulièrement appropriés aux cadres scientifiques dans leurs premières années dans l'établissement. Les fonds « jeux de données » consiste à financer l'obtention de jeu de données ambitieux, difficilement finançables dans le cadre d'autres appels à projets et décisifs pour poursuivre et amplifier la dynamique de recherche déjà engagée des déposants. Les projets fédérateurs viennent soutenir la pluridisciplinarité d'AgroParisTech et permettent d'aborder des questions de recherche thématiques et complexes.

Ayant mis en place ces dernières années un dispositif d'accompagnement structuré autour du réseau interne d'appui à la recherche EurêKA, AgroParisTech a l'ambition de renforcer les actions déjà engagées de sensibilisation, d'accompagnement et de formation de ses cadres scientifiques au montage et à la gestion de projets de recherche. AgroParisTech souhaite, en parallèle, accroître les moyens disponibles pour financer la recherche, en identifiant et en s'emparant notamment des opportunités offertes par France 2030 et au niveau européen. Pour y parvenir, l'établissement s'appuiera sur une veille ciblée, un soutien personnalisé au montage de projets, sur ses liens avec les partenaires socioéconomiques et sur les outils qu'il maîtrise (chaires, recherches partenariales, thèses CIFRE, par exemple). Il souhaite également amplifier sa capacité à générer et à soutenir des approches pluridisciplinaires par une animation scientifique accrue (séminaires thématiques, journée annuelle de la recherche par exemple) et par davantage de moyens financiers donnés à des projets fédérateurs.





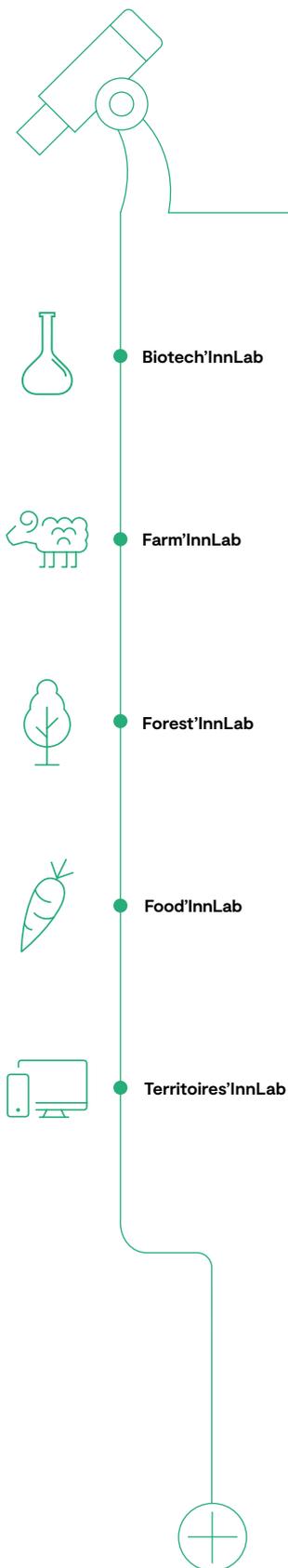
Adosser encore davantage l'innovation à la recherche et à la formation

AgroParisTech s'est récemment réorganisé pour mieux accompagner, mettre en lumière et structurer l'innovation. Ainsi, a été créée une direction de la recherche, de l'innovation et du transfert technologique ainsi qu'un pôle Innovation et Transfert Technologique conjoint entre cette nouvelle direction et AgroParisTech Innovation, la structure de recherche sous contrat (SRC) de l'établissement. La stratégie en matière d'innovation à AgroParisTech est construite sur trois piliers principaux :

- l'accélération du développement de l'entrepreneuriat ;
- l'intensification des interactions de la recherche avec les entreprises ;
- la structuration du paysage de la valorisation et du transfert de la recherche via le développement d'un réseau de partenaires dans l'accompagnement et le financement de l'innovation.

L'innovation s'appuie notamment sur le réseau des InnLabs. Ces tiers-lieux thématiques d'expérimentation répartis sur les différents sites d'AgroParisTech au niveau national permettent d'accompagner différentes parties prenantes (entreprises, collectivités locales, créateurs d'entreprises...) dans leurs projets d'innovation dès les premières phases et dans un environnement de formation et de recherche de haut niveau. L'innovation à AgroParisTech s'appuie à la fois sur la recherche menée par les doctorants et les cadres scientifiques au sein de ses unités de recherche et sur la sensibilisation et la formation à l'innovation dispensée sur l'ensemble des cursus de formation, notamment via son itinéraire Entrepreneuriat et ses trois jurys (Créativité, Maturation, Accélération). Le chercheur et l'entrepreneur sont rarement une seule et même personne dans le processus de l'innovation et, notamment, dans celui de la création d'une *start-up*. Trouver un candidat pour diriger une *start-up* qui a pour origine un résultat de recherche est souvent un point d'achoppement. Or, le vivier d'AgroParisTech en entrepreneurs potentiels est conséquent s'il est étendu aux personnels, aux jeunes diplômés, aux anciens élèves et à toute personne intéressée à coopérer avec AgroParisTech dans ce processus. La proximité entre recherche et formation constitue donc un atout important.

AgroParisTech compte ainsi, d'une part, développer et étendre son réseau d'InnLabs pour obtenir une forme de pavage thématique (FoodTech, AgriTech, Biotech, forêt, territoires à ce jour) le plus complet possible, adossé à l'ensemble du dispositif de recherche et, d'autre part, renforcer la détection, le montage et l'accompagnement de projets d'innovation sur une double dimension recherche et formation. L'articulation entre innovation et science ouverte sera également étudiée afin d'identifier les interactions et synergies possibles.



Notre identité recherche



Les axes de recherche à AgroParisTech

Présentation générale des axes de recherche à AgroParisTech

Le monde fait face à un ensemble de changements globaux majeurs, interconnectés, parmi lesquels les plus connus sont le changement climatique, la perte de biodiversité ou encore l'épuisement des énergies fossiles. Ce sont autant d'enjeux centraux dans le développement sociétal de tous les pays. Ils posent la question d'un développement compatible avec les limites planétaires. La géopolitique, la démographie, la submersion de terres basses souvent surpeuplées, la diminution des ressources en eau ou la désertification peuvent engendrer des déplacements de populations bien plus importants que ce que l'Humanité a connu depuis bien longtemps.

Un établissement comme AgroParisTech, Institut national des sciences et industries du vivant et de l'environnement, se doit d'abord ces enjeux majeurs, en commençant par la compréhension des phénomènes en action, pour proposer des réponses et former les ingénieurs capables de les mettre en œuvre. Les enjeux sont de taille, les propositions de réponses diverses et questionnables. Surtout, elles ne sont pas à chercher uniquement dans une amélioration technologique. Elles posent des questions de fond sur l'organisation de nos sociétés, sur nos modèles actuels de production, sur notre lien au vivant et à l'environnement.

Le premier des axes de recherche thématiques de l'établissement consiste à comprendre et à prédire les changements en cours. Une partie de cet axe cherche aussi à évaluer la façon dont les sociétés s'approprient ces enjeux et tentent d'y faire face. Les quatre autres axes thématiques investiguent une diversité de propositions de réponses en cherchant à accompagner les transitions des productions agricoles, des transformations alimentaires et non-alimentaires, de la gestion des ressources naturelles, de l'environnement et de la biodiversité et les transitions alimentaires.

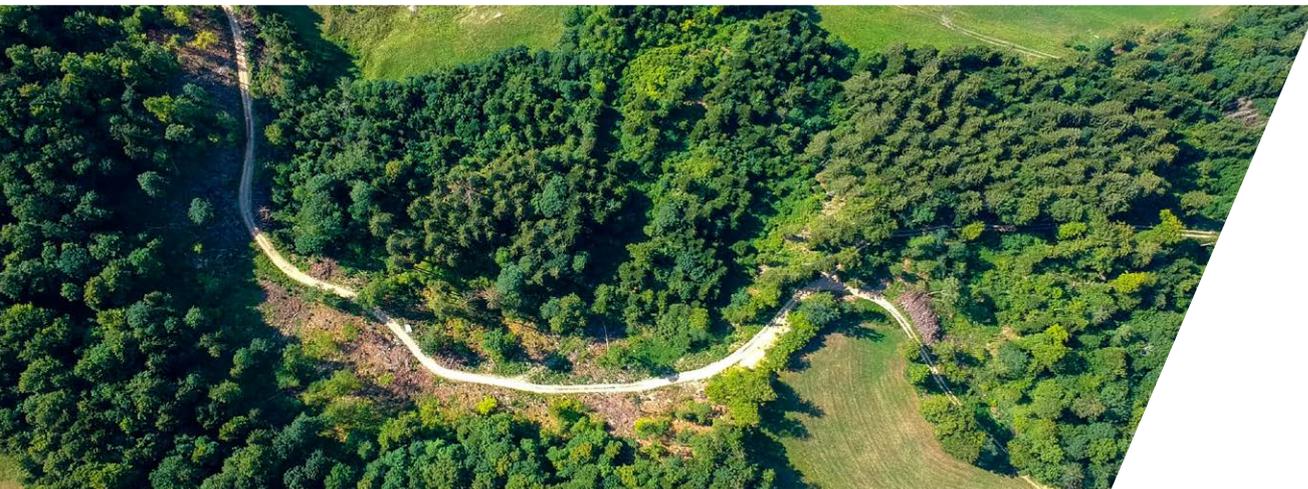
Deux axes transverses viennent en soutien de ces axes thématiques, un premier sur l'analyse des données et un second sur la modélisation.





Comprendre les changements globaux en œuvre

Un accompagnement pertinent des transitions nécessite d'abord de bien comprendre les changements globaux en cours. Si le changement climatique et la perte de biodiversité sont les plus emblématiques et méritent une mobilisation importante de l'établissement, ils ne sont pas les seuls à considérer. L'agriculture poursuit un long et profond mouvement de mutation, la société évolue dans sa perception de l'environnement, de la nature et de son alimentation. Plus largement, ces changements se déroulent dans un contexte de transformation systémique des économies et des sociétés, marquées par des évolutions majeures des relations et du commerce international, une transformation profonde des systèmes énergétiques, un ré-équilibre entre les « nords » et les « suds », des changements techniques rapides, ou encore des inégalités persistantes entre et à l'intérieur de chaque pays. AgroParisTech mène un travail de compréhension des changements globaux et de modélisation prospective des phénomènes en jeu, avec des déclinaisons à plusieurs échelles spatiales et une attention portée à l'articulation des différentes échelles du global au local.



Modéliser les changements globaux et leurs impacts pour mieux les appréhender

Il s'agit tout d'abord de renforcer les recherches visant à comprendre et modéliser les changements globaux et à décrire leur variabilité entre les régions de la planète. Il s'agit ensuite d'en tirer les conséquences pour l'évolution de la production agricole et forestière ou pour la gestion des écosystèmes et des milieux, à des échelles pertinentes pour l'action. Ces approches, spatialement explicites, sont couplées à une panoplie de travaux quantitatifs qui incluent à la fois la représentation d'ensemble des dynamiques économiques et la représentation détaillée de l'usage des sols, de la forêt et de sa filière ou de la biomasse de manière générale. Elles permettent non seulement d'agrèger les connaissances disponibles mais également de nourrir l'exploration de scénarios prospectifs de politiques macroéconomiques et sectorielles (agricole, commerciale, environnementale et forestière), souvent en lien étroit avec les instances de décision françaises et européennes ainsi qu'avec les organisations internationales. Ces travaux viennent également alimenter les synthèses réalisées aux

échelles régionales et globales dans le cadre du GIEC* et de l'IPBES** auxquelles l'établissement contribue. AgroParisTech mobilise et développe plusieurs modèles, en lien avec des collègues climatologues, géographes, agronomes, zootechniciens, hydrologues, économistes et écologues, pour, par exemple, explorer des scénarios de réformes fiscales environnementales, de changement structurel, de réduction massive de l'emploi d'engrais azotés, de passage à une agriculture biologique ou d'une mobilisation plus massive de la biomasse et en évaluer les conséquences économiques, sociales et environnementales. La dimension humaine des impacts est également au cœur de ces activités, avec l'objectif de comprendre quels sont les populations, les individus ou les secteurs économiques les plus touchés par les événements climatiques extrêmes ou la dégradation des écosystèmes et des services écosystémiques qu'ils fournissent. Les changements globaux affectent les acteurs de manière différenciée. Ils peuvent, de même que la mise en œuvre de certaines politiques d'adaptation ou de mitigation, venir renforcer ou au contraire réduire les inégalités socio-économiques préexistantes.

*GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

**IPBES : Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services



Considérer les évolutions mondiales des systèmes de production agricole

La nécessité de nourrir une population grandissante et/ou vieillissante tout en contribuant à un développement plus soutenable comme les enjeux de souveraineté énergétique et alimentaire mis en lumière par les crises récentes sont des défis de taille, à aborder dans un contexte où les agriculteurs de nombreuses régions du monde se trouvent confrontés à des fluctuations de leur environnement écologique, économique et social. Il s'agit de comprendre et d'interpréter les transformations de l'agriculture par une démarche systémique à travers l'étude de trajectoires choisies tant dans les pays à revenu élevé que dans les pays à revenu intermédiaire ou faible. L'analyse doit également s'inscrire dans une approche couplant agroéconomie et économie politique. Il s'agit d'étudier d'une part l'impact de ces politiques sur les systèmes de production et les dynamiques agraires, d'autre part l'évolution des outils d'intervention publique mobilisés, en lien avec la transformation des rapports sociaux. A l'échelle européenne, voire plus largement, deux dynamiques très fortes se jouent et interviennent de façon centrale dans les travaux à déployer par AgroParisTech : la diminution très rapide du nombre d'agriculteurs et d'éleveurs d'une part et l'augmentation de la diversité des installations en agriculture, de plus en plus en rupture avec le modèle traditionnel de l'exploitation familiale, d'autre part. Ces trajectoires sont clés dans la réflexion sur les travaux de l'établissement et les échanges continus d'AgroParisTech avec les acteurs des filières agricoles et des territoires seront des éléments essentiels à la qualité de la recherche menée.





Accompagner les transitions des systèmes de productions agricoles

Les attentes de la société au sujet des systèmes de production agricoles sont immenses. Ces systèmes doivent être résilients et soutenables face aux changements globaux, sobres en ressources et en énergie fossile, acceptables par la société, tout en préservant voire en améliorant l'environnement, la biodiversité et la santé humaine. La transition de ces systèmes doit porter autant sur l'adaptation et la résilience des systèmes aux changements que sur leurs contributions à l'atténuation de leurs effets, par exemple en diminuant très fortement le recours aux énergies fossiles, en limitant les émissions de gaz à effet de serre au stade des productions végétales et animales, en augmentant la séquestration du carbone ou en augmentant l'efficacité de l'eau. Elle doit également contribuer à apporter des réponses aux nombreuses limites de certains systèmes de culture et d'élevage : atteintes à l'environnement et à la santé humaine et des écosystèmes liées au recours aux pesticides, à l'uniformisation des paysages, à l'usage intensif des engrais de synthèse ; dégradation de la qualité des sols et de l'air ; forte pression sur les ressources (eau, sol, biodiversité). La complexité des impacts nous oblige à intégrer de façon systémique les réponses à construire et à en évaluer en continu les aménités comme les effets négatifs.

Contribuer aux défis de la transition par une ingénierie du vivant

L'une des voies pour accompagner la transition agroécologique passe par le développement d'une ingénierie du vivant associant la connaissance structurale de la biomasse, l'exploration de la diversité du vivant et du fonctionnement des organismes à des approches visant à modifier et/ou créer de nouvelles fonctions biologiques. Comprendre l'organisation dans l'espace et dans le temps des structures biologiques, des voies métaboliques et des processus cellulaires associés est un défi toujours d'actualité. Plusieurs pistes d'intérêt pour les années à venir sont identifiées.

Une première piste consiste à favoriser l'adaptabilité des organismes en s'appuyant sur la diversité génétique, qu'il s'agit de conserver mais aussi de créer pour répondre aux nouveaux besoins tant en science animale que végétale et diminuer tant que possible la nécessité d'intervention humaine. Cette richesse génétique doit permettre de mener à bien les études de sélection variétale avec de nouvelles méthodes alliant génétique, physiologie et génomique, permettant de proposer des variétés agroécologiquement performantes et des semences de haute qualité. La stratégie qui émerge actuellement est le développement de programmes de sélection associés à des envirotypes, l'envirotypage étant la définition géographique d'environnements caractérisés par des contraintes similaires. L'optimisation de cette nouvelle stratégie de sélection prédictive, basée sur l'intégration de données climatiques et de comportements de géotypes issues de plusieurs années d'essais sur de nombreux sites expérimentaux sera particulièrement utile dans l'adaptation au changement climatique avec des objectifs de sélection cohérents avec les projections et scénarios climatiques du GIEC. La création d'une nouvelle variabilité génétique végétale par édition des génomes ouvre également de nouvelles

perspectives qui passent par la création d'outils adaptés non plus aux espèces modèles mais surtout aux espèces d'intérêt agronomique. Il s'agit en amont d'identifier des processus et des bases génétiques de l'adaptation en particulier dans les processus évolutifs à l'origine du succès adaptatif des espèces en milieu cultivé (domestication, hybridation, polyploïdie, sélection adaptative) et d'en identifier les principaux acteurs (gènes et fonctions, acteurs de régulation, déterminants épigénétiques). Ces derniers constitueront dès lors des cibles d'intérêt majeur pour les programmes de gestion et d'amélioration des espèces végétales.

Une seconde piste consiste à s'appuyer sur les interactions entre microorganismes et plantes ou entre les animaux d'élevage et leur microbiote. Ces interactions offrent des perspectives intéressantes à la fois au niveau fondamental pour comprendre les mécanismes de coévolution mais aussi pour développer de nouvelles approches. Ainsi, le microbiote des plantes dispose d'un potentiel important pour les protéger et les stimuler et son exploitation représente une alternative pertinente pour remplacer des solutions chimiques et soutenir le développement de stratégies de biocontrôle et de biostimulation. Mieux appréhender les interactions plante-microbiote, et notamment en identifier les bases génétiques et moléculaires, pour envisager une gestion raisonnée de ces interactions à intégrer en sélection variétale, permettrait d'optimiser les productions végétales dans des systèmes de production intégrés agroécologiques.





Proposer des systèmes d'organisation et de production agricoles soutenables en repensant toutes les interactions à l'échelle d'un territoire

Un objectif prioritaire de la recherche d'AgroParisTech en agriculture est de fournir les bases scientifiques sur lesquelles fonder la conception de systèmes agricoles innovants. Les approches décrites dans la partie précédente sont désormais insuffisantes. Le temps où un problème agricole appelait juste une solution technique est complètement révolu. Un objectif prioritaire de recherche d'AgroParisTech en agriculture est donc de donner les éléments scientifiques pour une agriculture renouvelée voire en rupture. La dimension territoriale prend ici toute son importance, à condition de concevoir le territoire non pas simplement comme un espace facilitant la mise en place des dispositifs techniques, mais aussi comme un espace de négociation des conditions d'appropriation de ces dispositifs. Il représente à la fois un espace d'intégration de processus biophysiques, fortement pilotés par des choix d'occupation et d'usage des sols, et le lieu où se prennent les décisions en composant avec les intérêts propres aux différentes catégories d'usagers du territoire, qui, en outre, d'un territoire à l'autre, ont une histoire, une culture, voire une identité propre. La dimension territoriale offre ainsi la possibilité d'une recherche participative que l'établissement souhaite approfondir pour partager avec l'ensemble des acteurs d'un territoire les savoirs mobilisés mais aussi les questionnements à mettre en débat.

AgroParisTech entend se positionner sur des recherches complexes abordant des interactions diverses, en positionnant la question de la transition agronomique dans un contexte plus large de transition territoriale.

Il s'agit tout d'abord de réfléchir à un véritable continuum entre agriculture et écologie en renforçant les liens déjà établis entre les disciplines concernées au sein de la communauté d'AgroParisTech. Un point clé est notamment la mise en lumière des services écosystémiques rendus par la biodiversité dans les agroécosystèmes et tout particulièrement celui de la régulation naturelle des maladies et des ravageurs. La biodiversité gérée dans la parcelle et ses abords et les perturbations liées aux interventions techniques (travail du sol, produits phytosanitaires) modifient les conditions d'habitat et les ressources exploitées par les organismes vivants. Il faut comprendre ces effets pour les maîtriser et proposer des modes de gestion abordant globalement la santé des cultures et leur résistance envers la communauté de leurs ravageurs. Pour cela il faudra traiter des questions scientifiques autour d'une description fonctionnelle des systèmes de culture, d'une compréhension des interactions entre différents groupes trophiques (plantes – herbivore – prédateur – super-prédateur) à la base des services rendus et d'une analyse des compromis/synergies entre fonctions. Il faudra, à une autre échelle, repenser la diversification des cultures pour des systèmes multifonctionnels fournissant plusieurs services écosystémiques (nutrition des plantes, régulation des bioagresseurs, stabilisation de la production, résilience envers des aléas climatiques grandissants, stockage de carbone, régulation du climat, qualité de l'air) en mobilisant des régulations biologiques, renforcées par des pratiques culturales adaptées. Il faudra considérer la multiplicité des formes d'agriculture et leur coexistence.

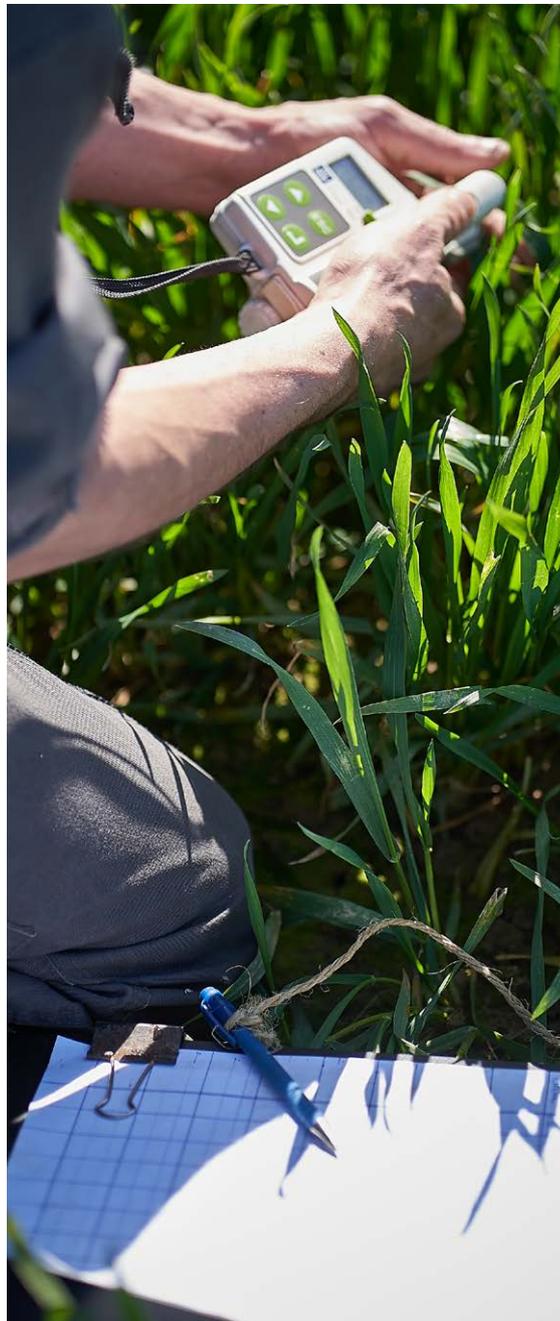


Un autre continuum important est celui liant ou devant lier les productions végétales et animales. De l'ordre de 70 % des terres agricoles, dont une très grande proportion de prairies, sont aujourd'hui valorisées par l'élevage, permettant la soutenabilité de socioécosystèmes très présents dans le monde notamment dans les zones difficiles comme les montagnes ou les aires semi-désertiques. Il est primordial de développer des travaux sur une réorganisation systémique en couplant davantage agriculture et élevage dans les territoires, prenant ainsi le contrepied de spécialisations territoriales observées depuis le milieu du XX^{ème} siècle, avec les effets délétères associés. Un approfondissement des capacités des animaux d'élevage à valoriser les ressources naturelles comme les produits issus des systèmes alimentaires et écartés de la consommation humaine est un défi à relever en utilisant l'ensemble des disciplines incluses en sciences animales, allant de la génétique moléculaire à la zootecnie système en passant par l'alimentation et la nutrition des animaux d'élevage. Il faudra tenir compte du fait que les spécificités des animaux en ce qui concerne un certain nombre de fonctions biologiques entraînent des différences de pratiques (d'alimentation, de sélection...) d'une espèce à l'autre et d'organisation des filières.

Le troisième continuum clé pour AgroParisTech est celui entre les espaces urbains et ruraux. L'établissement compte renforcer son investissement scientifique dans l'étude des territoires urbains et périurbains, ce qui se justifie à la fois par le fait que la majorité de la population mondiale habite désormais dans les villes mais aussi par l'imbrication de plus en plus étroite entre espaces agricoles, naturels et urbains ainsi que par la demande croissante de la société pour davantage de nature en ville, avec différentes motivations qui vont de renouer un lien avec la nature jusqu'à la limitation des îlots de chaleur et l'amélioration de la qualité de l'air. AgroParisTech a été le premier établissement français d'enseignement supérieur et de recherche à investir le champ de l'agriculture urbaine et compte demeurer en pointe dans ces domaines. Un autre lien fort entre la ville et la campagne se joue au niveau des déchets et des contaminants. Concernant les déchets, AgroParisTech investit les questions relatives aux enjeux de la valorisation des déchets d'origine urbaine, considérés comme des ressources potentielles pour l'agriculture. Il s'agit de chercher des solutions innovantes au recyclage de ces déchets incluant ceux d'origine agricole, dans une perspective de bouclage de cycles biogéochimiques et d'économie circulaire. Concernant les contaminants, les questions scientifiques sont relatives à leur réduction (par la diminution de leur émission ou par leur captation) et à l'évaluation de leurs impacts sur la santé de l'homme et de son environnement.

La question des sols relève, quant à elle, de l'ensemble de ces trois continums. La recherche d'une soutenabilité des systèmes agricoles repose sur une évaluation claire de la capacité des (socio)écosystèmes à supporter des changements d'usage des sols pour lesquels des compétitions d'usages très fortes sont observées entre agriculture, élevage, forêt et sphère urbaine. La

gestion des sols des espaces urbains et péri-urbains est indissociable de la politique d'aménagement du territoire et donc du modèle de société souhaité. L'enjeu pour les sols est de les protéger des multiples impacts qui les menacent concrètement : appauvrissement, érosion, perte de biodiversité, assèchement, salinisation, artificialisation. Il s'agit de repenser leurs fonctions à travers l'ensemble des services écosystémiques qu'ils peuvent rendre et en inscrivant ces services dans la contribution à la transition agroécologique. AgroParisTech entend donc mener des travaux de recherche à la fois sur la caractérisation des services écosystémiques rendus par les sols, sur les risques qui pèsent sur ces services, et sur les questions d'usage des sols.





Proposer des transformations alimentaires et non alimentaires durables

Face au changement climatique, aux enjeux environnementaux et de souveraineté énergétique et alimentaire, et dans un contexte de prise de conscience éthique de consommateurs davantage soucieux de l'écologie et du bien-être animal, les transformations des ressources agricoles doivent être repensées dans un contexte de systèmes alimentaires durables et d'économie circulaire. De plus, les préoccupations environnementales, éthiques, nutritionnelles et sociétales orienteront aussi la conception des aliments, par exemple en réduisant les apports en protéines animales et donc en travaillant au développement de nouvelles sources de protéines alternatives.

Proposer des transformations durables à l'échelle d'un territoire

L'évolution des modes de productions agricoles aura à terme une forte répercussion sur les transformations, puisque les matières premières à traiter seront probablement plus complexes (par exemple, un mélange de variétés de céréales et/ou de légumineuses) utilisant des ingrédients moins fractionnés afin de limiter les produits ultra-transformés ou ultra-formulés et présentant une plus grande variabilité (par exemple, différentes variétés adaptées à la spécificité des territoires) afin de limiter les impacts et rendre le système de production plus durable. Les opérations de transformations, les procédés et bioprocédés (opérations unitaires, itinéraires de transformation) doivent être repensés pour s'adapter aux besoins et aux contraintes territoriales, répondre aux logistiques d'approvisionnement en circuits courts mais aussi aux problématiques environnementales pour une production plus frugale en énergie comme en eau et générant moins de déchets. Cette logique s'entend pour les transformations alimentaires mais également pour les transformations non-alimentaires, en soutenant la mise en œuvre de bio-raffineries durables et compétitives, capables de générer des biomolécules à forte valeur ajoutée par la valorisation des co-produits et des déchets et en continuant à investir dans le développement de matériaux bio-sourcés, soit par recyclage d'emballages déjà usagés, soit en travaillant sur des matériaux biopolymères obtenus à partir de synthons biosourcés.



Fort de sa longue expérience des transformations alimentaires et non alimentaires, AgroParisTech se donne comme objectif pour les prochaines années de replacer ces transformations dans un territoire, dans la même dynamique que celle présentée précédemment concernant la transition des systèmes de production agricole. Sachant que cette notion de territoire recouvre des objets de périmètres très différents, il s'agit, en particulier, d'être capable de décliner les transformations à différentes échelles. Il s'agira d'aller à rebours de l'approche usuelle du laboratoire jusqu'à l'échelle industrielle, en adaptant cette échelle à une échelle plus compacte mais qui conservera la même performance. Les travaux de recherche ne concerneront pas que les aspects techniques. Il s'agira également de mener un travail d'évaluation économique et d'impact environnemental pour apprécier la viabilité des systèmes proposés. AgroParisTech sera ainsi en mesure d'accompagner une bioéconomie durable. Cette bioéconomie disposera d'outils diversifiés pour valoriser les productions agricoles locales, mais également les co-produits et bio-déchets associés, et impulser une dynamique d'économie circulaire.

Obtenir des performances de niveau industriel à une échelle plus réduite nécessite d'intensifier les procédés. Il faudra, pour cela, prendre en compte les influences réciproques entre les catalyseurs biologiques actuels et futurs (micro-organismes, tels que les ferments, et/ou enzymes) et les procédés ; développer l'exploration génétique et métabolique de la variabilité des microorganismes pour la constitution de stratégies d'amélioration des espèces microbiennes ; travailler dès l'amont (procédés de prétraitement et production) pour faciliter l'aval (procédés de séparation) ; identifier les échelles d'analyse et d'évaluation les plus pertinentes (échelle d'un système et pas d'une opération unitaire) ; prendre en compte dès le départ la biocompatibilité (agents biologiques/matériaux et solvants), dans l'optimisation multicritères des procédés et de leur couplage ; s'appuyer sur la modélisation pour la conception des procédés.

Structuration d'une communauté scientifique autour de l'insecte comme ressource alimentaire et non-alimentaire

Un autre enjeu pour l'établissement concerne les insectes et leur utilisation possible en tant que tel ou transformés pour la nutrition animale et l'alimentation humaine. Cet enjeu rejoindrait celui de la valorisation des biodéchets qui, ici, pourraient être convertis par les insectes. Il s'agirait aussi d'évaluer le potentiel des insectes en tant que produits d'intérêts ou à haute valeur ajoutée pour la santé ou la cosmétique. Le contexte actuel est favorable au développement d'une filière autour des insectes. L'utilisation de sous-produits ou co-produits de l'industrie agroalimentaire et de l'agriculture dans l'alimentation d'insectes permettrait de diminuer les coûts de production. La baisse du coût

de la nourriture des insectes ainsi que la possibilité d'en extraire des molécules d'intérêt à haute valeur ajoutée sont des pistes majeures pour consolider une filière de production d'insectes rentable et compétitive par rapport aux autres filières de production de protéines. Pour permettre le développement de cette filière, il y a cependant besoin de recherches associant opérateurs privés et publics sur la base du concept d'entomoraffinerie. Il s'agit de concevoir des bioraffineries d'insectes correspondant à l'élevage (en valorisant des matières organiques, initialement sans grande valeur ajoutée) et à la transformation durable de l'insecte en un éventail de produits et de molécules.

L'acceptabilité des insectes et de leurs dérivés pour ces différents usages sera évaluée en parallèle.





Accompagner les transitions de la gestion des ressources naturelles et la préservation/restauration de l'environnement

Cet axe de recherche vise à produire les connaissances nécessaires pour gérer au mieux les ressources naturelles et préserver/restaurer l'environnement. Ces connaissances ont trait à l'écologie, aux géosciences, aux sciences de gestion sans oublier la dimension politique, juridique et sociale de la préservation de l'environnement.



Comprendre le fonctionnement des écosystèmes pour mieux les protéger ou les restaurer

Une gestion efficace des écosystèmes passe par une bonne compréhension des processus écologiques et évolutifs à la base de leur fonctionnement. Or ces écosystèmes sont complexes, avec de nombreuses composantes qui peuvent entretenir des interactions diverses et variées entre elles, sous le forçage de conditions abiotiques (l'eau, par exemple) qui évoluent elles aussi. Il est important de pouvoir appréhender ces réseaux d'interactions dans leur globalité car leur structure peut être déterminante dans la façon dont ils vont pouvoir répondre aux changements et aux sollicitations. Grâce au développement d'outils d'observation et de modélisation de plus en plus efficaces, certains de ces réseaux commencent à être décrits avec beaucoup de précision. Toutefois, il reste un déficit important de connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes, ceux des forêts tropicales en particulier. AgroParisTech entend donc poursuivre ses recherches théoriques mais également sur le terrain. Les écosystèmes d'intérêt sont tant les

écosystèmes sauvages que domestiques, ainsi que leurs interactions, puisque ces écosystèmes sont de plus en plus imbriqués. La connaissance approfondie des écosystèmes et de leur fonctionnement que vise AgroParisTech constitue un socle pour évaluer l'impact des activités anthropiques sur ces écosystèmes, mais également amplifier l'ingénierie écologique (ce que l'on pourrait aussi appeler les solutions fondées sur la nature dans sa vision large), qui a connu un développement important au sein d'AgroParisTech ces dix dernières années et qui se veut être une mise en application des concepts de l'écologie scientifique pour mieux accompagner les restaurations écologiques et/ou contribuer à la conservation des espèces et/ou des écosystèmes. L'ingénierie écologique est profondément ancrée dans une approche systémique qui associe différentes sphères en interaction (biophysique, écologique, sociologique, économique...). Elle porte en elle la préservation des processus naturels et le potentiel adaptatif de la biodiversité en reconnaissant que la diversité des écosystèmes offre de nombreuses opportunités en termes d'efficacité, de résilience et d'adaptabilité. Elle légitime l'importance et l'usage des trajectoires écologiques dans la gestion de l'environnement comme un gage de soutenabilité.



Caractériser la vulnérabilité, favoriser la résilience et maintenir la biodiversité des écosystèmes forestiers

La plupart des systèmes forestiers étaient durables et multifonctionnels (production de bois d'œuvre ou à valorisation énergétique, stockage de carbone, emploi, maintien de la biodiversité...) avant la crise climatique qui, de facto, remet en question cet état de fait. La gestion forestière doit désormais à la fois produire du bois en quantité et en qualité suffisante, adapter les forêts au changement climatique, contribuer au maintien de la biodiversité et participer à l'atténuation du risque climatique. Une différence majeure par rapport à l'agriculture et qui complique la tâche est le temps long de la gestion des peuplements forestiers qui limite les capacités de réactivité par rapport aux changements et nécessite une forte anticipation. Les écosystèmes forestiers européens sont principalement soumis à deux types de menaces : les changements environnementaux, et plus particulièrement le réchauffement climatique, et l'intensification de la sylviculture. Le réchauffement menace la diversité par disparition des milieux froids et des espèces associées ou par l'incapacité des espèces à migrer suffisamment rapidement vers le nord ou les hautes altitudes pour suivre le réchauffement climatique. A cela s'ajoutent certains choix d'espèces ou de modes de sylviculture susceptibles d'impacter négativement la biodiversité. Les enjeux touchent à la résilience des forêts face à l'aléa climatique voire au maintien de peuplements forestiers tempérés sur une partie du territoire français.

Dans ce cadre, les recherches menées par AgroParisTech contribueront à caractériser la vulnérabilité des écosystèmes forestiers au réchauffement climatique par l'analyse de l'évolution à long terme de la productivité des forêts et des dépérissements qui impactent une part croissante des écosystèmes forestiers français. AgroParisTech mènera également des recherches sur les évolutions de la biodiversité végétale forestière sous les effets conjoints de certaines pratiques sylvicoles et du changement climatique avec pour ambition d'évaluer avec exactitude l'érosion de la biodiversité végétale liée au réchauffement en cours et de mesurer les conséquences des pratiques de gestion dont, pour les écosystèmes forestiers tropicaux, la diminution continue des surfaces forestières.

En réponse à ces évolutions, des recherches seront menées pour mettre en place des pratiques sylvicoles innovantes (mélange d'essences, diminution des densités d'arbres) visant à optimiser la résistance et la résilience des peuplements face à une augmentation des risques liée aux nouvelles conditions climatiques et à l'augmentation des perturbations. Un axe complémentaire visera à approfondir le comportement des espèces d'arbres aux conditions climatiques extrêmes en vue d'évaluer la possibilité d'assister leur migration vers des climats plus froids qui leur seront

favorables à l'échéance de ce siècle et de prédire la résistance au réchauffement des peuplements en place pour les prochaines décennies. En particulier, les restrictions en eau liées à l'augmentation des températures et des sécheresses conduisent AgroParisTech à s'investir dans des recherches visant à réfléchir sur le choix d'essences d'avenir autochtones ou allochtones moins exigeantes en ressources hydriques. Ce rapport à l'eau et aux températures est différent pour les forêts tropicales dont les recherches se pencheront plus spécifiquement sur l'augmentation de la productivité des forêts exploitées pour soulager la pression sur les forêts non perturbées et faire baisser les coûts du bois d'œuvre.

Toutes ces recherches seront menées dans un cadre général de prise en compte des besoins de la filière forêt-bois. L'objectif de recherche finalisée visera, ici, à éclairer les politiques publiques régionales et nationales, ainsi que les propriétaires et les gestionnaires forestiers, sur les orientations de gestion qui doivent être privilégiées aujourd'hui, afin de préparer les forêts de demain et les services écosystémiques qu'elles pourront rendre, tout en préservant la biodiversité dans les forêts gérées ou dans le cadre de la création et de la gestion d'espaces protégés. Il sera, pour cela, nécessaire de dépasser le niveau de l'unité de gestion élémentaire ou celui de la filière de production et prendre en compte des processus qui n'ont de sens qu'abordés à l'échelle territoriale ou écosystémique, avec des acteurs non-académiques dont la contribution est essentielle, tant dans les forêts tropicales, dans lesquelles la prédominance des interactions homme-forêt est forte, que tempérées.





Relever les défis de la qualité de l'eau et de la sobriété de son usage

L'eau, au cœur du vivant, est à AgroParisTech un objet de rencontre entre disciplines (des domaines biophysiques, numériques et de sciences sociales) et des thèmes de recherche (agriculture, forêt, gestion des écosystèmes, gestion territoriale). Les composantes du cycle hydrologique que nous étudions s'expriment au niveau des territoires ruraux et urbains sous forçage du cycle global de l'eau et dans une approche d'hydrologie de l'anthropocène.

La gestion de l'eau du point de vue technique est abordée sous un angle quantitatif (aridification) et qualitatif (qualité de l'eau). Sur le premier aspect, il s'agit de comprendre comment l'aridification climatique (augmentation de la température, et des événements extrêmes – sécheresse et pluies intenses) perturbe le cycle hydrologique (flux de surface, ressources souterraines, hydrosystèmes) et, en lien avec les autres thématiques de recherche de l'établissement, comment cette perturbation impacte les sols, les productions agricole et forestière, et la vulnérabilité des services d'eau et d'assainissement urbains et de la végétation en ville. Sur le second aspect, AgroParisTech étudie comment les usages de l'eau et des sols impactent la qualité de la ressource et présentent des risques sur la santé humaine et les écosystèmes du fait du transfert de contaminants (émergents à persistants) par voie hydrique. Il s'agit d'éclairer la transition des pratiques agricoles, mais aussi le potentiel de la

réutilisation des eaux usées traitées. Trois types d'outils seront développés dans le cadre des recherches d'AgroParisTech : des alternatives aux technologies conventionnelles pour la gestion des eaux telles que les solutions fondées sur la nature, des technologies sobres en énergie mais robustes (par exemple, la phyto-épuration), le hors réseau collectif ; des méthodes de suivi de la ressource et de sa qualité (télédétection, ouvrages connectés) ; des modèles du devenir de la ressource pour concevoir et évaluer différentes mesures d'adaptation (recyclages, stockages, efficacité d'usage) ou de reconquête de la qualité de l'eau.

Par ailleurs, les savoirs et les pratiques liés à l'eau, de même que les politiques publiques, les modes de gouvernance et de régulation des usages, connaissent des recompositions importantes qu'il s'agit de comprendre et de mettre en perspective. Les approches socio-techniques développées à AgroParisTech, alliant sciences sociales et sciences de l'ingénieur, permettent de mieux comprendre comment les acteurs du secteur gèrent la ressource en eau et les services publics associés. Les enjeux de recherche majeurs à aborder sont l'articulation entre la gestion du grand et du petit cycle de l'eau, la manière d'intégrer eaux usées et eaux pluviales dans la planification urbaine, et la gestion des intermittences, à la fois de l'eau et des services publics. La recherche devra poursuivre son orientation vers la compréhension des facteurs de bonne gouvernance, d'amélioration de la performance des services publics d'eau et d'assainissement, et du développement de l'accès à l'eau et à l'assainissement pour tous.





Accompagner les acteurs privés et publics dans leur transition écologique

Des recherches doivent être renforcées pour accompagner au mieux les acteurs privés et publics dans les transitions écologiques et énergétiques. Il s'agit d'étudier les impacts des transitions écologiques et des politiques publiques sur les activités des entreprises industrielles en matière d'approvisionnement, de production (réduction des émissions polluantes directes et indirectes) et de distribution (mutualisation des transports, plateformes d'intermédiation, critères environnementaux, sociaux et de gouvernance dans les chaînes de production). Il faut également concevoir des outils innovants d'aide à la décision, de concertation et de gestion pour accompagner les entreprises dans les transformations, étudier les nouveaux modèles de création de valeurs (les marchés des fonds verts, l'investissement socialement responsable, l'économie collaborative, bio-inspirée, circulaire) et la gouvernance des ressources critiques (approvisionnement en eau, transport et distribution de l'énergie et de la production alimentaire, santé publique) ainsi que leurs interactions. L'établissement a déjà engagé des recherches en comptabilité écologique qui participent au développement actuel des « sciences de gestion écologique ». Ces recherches sont orientées vers la conception de modèles comptables en soutenabilité forte, articulant financier et extra-financier autour de la notion de coûts de préservation et de dettes écologiques. Il s'agit de les amplifier.



Aborder la dimension politique, juridique et sociale de la préservation du vivant et de l'environnement

La question des problèmes globaux, comme le changement climatique ou la perte de biodiversité, ne peut pas être abordée uniquement sous un angle technique. Les visions politique, juridique et sociale sont à cet égard essentielles.

Les recherches à renforcer portent sur les stratégies d'action et les politiques publiques en lien avec l'aménagement durable des territoires, le vivant et l'environnement, ainsi que sur les processus d'évaluation, de concertation, de production de connaissances et leur relation avec les actions individuelles ou collectives, publiques et privées. Il faut analyser les relations de pouvoir, les alliances, les contestations ou les dispositifs en jeu qui empêchent ou favorisent la formation de ces stratégies, dans des contextes organisationnels variés, à l'interface entre entreprises, institutions publiques, organisations non gouvernementales et populations locales. Le droit et son évolution en réponse aux changements globaux à l'œuvre est aussi un domaine de traduction de nouvelles attentes collectives du monde socioéconomique qui doit guider une partie des recherches d'AgroParisTech.



Accompagner la transition alimentaire au bénéfice de la santé humaine et de l'environnement

AgroParisTech entend amplifier les recherches qui produiront les résultats à même d'accompagner une transition alimentaire durable, pour la santé humaine, au niveau individuel et populationnel, et l'environnement. Il s'appuiera notamment sur les nouvelles technologies et prendra en compte les dimensions économiques et sociales de cette transition.

Comprendre les risques pathologiques liées à l'alimentation et leur variabilité au sein des populations humaines

En amont de l'accompagnement vers une alimentation durable, et pour le faire de façon robuste, AgroParisTech compte renforcer son expertise scientifique sur l'identification des mécanismes moléculaires responsables de la mise en place des dysfonctions métaboliques, les risques pathologiques, la variabilité de ces risques au sein d'une population humaine, et les répercussions en santé publique. Les pathologies en lien avec l'alimentation sont complexes et multifactorielles, combinant des facteurs génétiques et environnementaux. La pertinence et l'opportunité qu'il y a à différencier les interventions selon les profils génétiques, métagénomiques, métaboliques et/ou comportementaux (« médecine et nutrition personnalisées ») doivent être précisées. AgroParisTech ambitionne de consolider encore cette expertise en s'appuyant à la fois sur les approches de biologie, de physiologie et de nutrition expérimentale ainsi que sur des méthodes d'analyse à haut débit (transcriptomique, métabolomique, fluxomique ou métagénomique) pour phénotyper les individus et ainsi mieux comprendre l'origine de la variabilité interindividuelle des besoins nutritionnels et des différences de sensibilité aux risques métaboliques, comportementaux et sanitaires liés à l'alimentation. La question du rôle des microbiotes et de leurs interactions avec l'hôte fera également partie intégrante des recherches menées.



Proposer une alimentation durable, soutenable et équitable pour la société

L'enjeu d'une alimentation saine rejoint également les enjeux de limitation du changement climatique et de réponse au défi posé par l'augmentation et/ou le vieillissement de la population, la raréfaction des ressources énergétiques fossiles et les pertes de biodiversité. L'objectif est de contribuer à l'identification des régimes alimentaires durables tels que définis par la FAO, c'est-à-dire « *contribuant à protéger et à respecter la biodiversité et les écosystèmes, culturellement acceptables, économiquement équitables et accessibles, abordables, nutritionnellement sûrs et sains et permettant d'optimiser les ressources naturelles et humaines* ».

Un atout d'AgroParisTech est de disposer de compétences à chaque maillon des systèmes alimentaires, de la production des matières premières agricoles à leur consommation, en passant par les étapes de transformations. L'ambition que se donne l'établissement est donc d'évaluer la qualité nutritionnelle de nouvelles ressources alimentaires de moindre impact environnemental, attractifs pour le consommateur et qui puisse s'intégrer dans des régimes alimentaires plus sains et respectueux de l'environnement. Pour ce faire, il faudra s'appuyer sur des modèles permettant de caractériser les répercussions attendues des changements de production et de transformation sur les caractéristiques des régimes alimentaires vis-à-vis de la santé des populations.

AgroParisTech mobilisera son expertise en nutrition publique, sécurité sanitaire, comportement alimentaire, sciences des aliments, et sciences du consommateur, mais également des outils et dispositifs de recherche innovants et uniques comme le restaurant expérimental ou encore la cuisine expérimentale. Les potentialités

importantes de la fermentation, en particulier dans sa capacité à améliorer la disponibilité des nutriments, la digestibilité et les propriétés sensorielles des aliments, feront l'objet d'une attention particulière. L'établissement s'appuiera également sur l'analyse socio-politique mais aussi économique des conditions de construction de politiques publiques en appui à la transition alimentaire. C'est la condition pour comprendre les déterminants et comportements des consommateurs face à l'évolution des offres et des circuits de distribution ainsi que les potentialités de changement vers plus de durabilité. Les recherches s'articuleront autour de deux questions : en quoi les pratiques alimentaires des individus (approvisionnement, consommation, mise au rebut) sont socialement différenciées, et évoluent tout au long de la vie ? Comment concilier durabilité et justice alimentaire ? Une attention particulière sera également portée à la construction, à la diffusion et à la réception des différentes normes (nutritionnelles, sanitaires, environnementales) auxquelles les individus sont soumis ainsi qu'aux éventuelles contradictions entre ces normes.

L'ensemble de cette approche sera une pleine réussite pour l'établissement s'il parvient à associer dans la construction et la mise en œuvre de ces recherches les parties prenantes dans toute leur diversité, en particulier les entreprises de l'agro-alimentaire et les consommateurs-citoyens.





Analyser des données complexes et multi-échelles pour aborder les enjeux majeurs et répondre aux défis

Pour pouvoir aborder les enjeux majeurs et répondre aux défis identifiés dans les divers axes thématiques de recherche d'AgroParisTech, il faut non seulement être capable d'expliquer et de prédire le fonctionnement d'un système biologique ou écologique complexe, mais également de réaliser le même exercice sur des systèmes en interactions et à des échelles parfois différentes (un organisme et son microbiote, typiquement). Cela nécessite de collecter, structurer, intégrer et stocker des données et des connaissances, pour, ensuite, les exploiter.

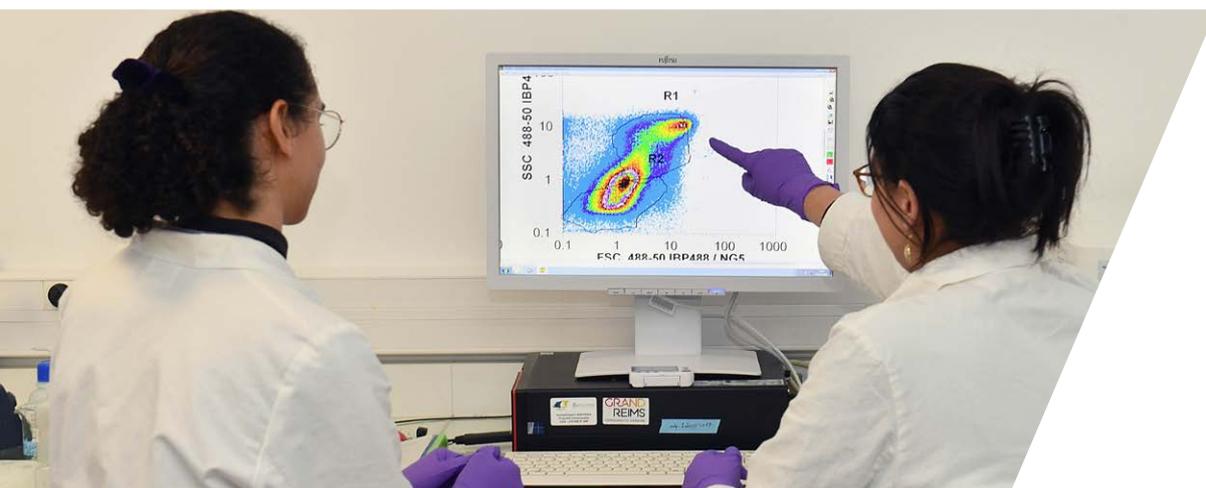
Dans les domaines des sciences de la vie, de l'environnement, de l'eau, de l'agronomie ou de l'alimentation, les sources de données sont de plus en plus diverses. Ces données peuvent être massives et sont très souvent multi-sources (Internet des objets, images satellites, capteurs, réseaux sociaux), à différentes échelles temporelles et spatiales, de granularités différentes et hétérogènes, dans leur format, leur précision, leur certitude, leur qualité, leur fréquence, leur sémantique. Dans de nombreux cas, le problème est de trouver et extraire les données et connaissances pertinentes, puis de les intégrer pour qu'elles puissent être combinées et utilisées ensemble pour produire des décisions conduisant à de meilleures pratiques agricoles, une meilleure qualité alimentaire et des systèmes plus écologiques et durables ou de façon générale à produire des décisions et conception optimales pour un ou des critères donnés.

Il faut par conséquent proposer, d'une part, des modélisations de ces données et des connaissances des experts en utilisant, si possible, des modèles sémantiques et des métadonnées. Un objectif annexe est de pouvoir les intégrer et les relier au web de données liées (*Linked Open Data*), tout en respectant

les principes FAIR (Facile à trouver, Accessible, Interopérable, Réutilisable), dans une perspective de contribution à la Science ouverte. Il s'agit, d'autre part, de proposer des méthodes performantes et adaptées pour traiter efficacement ces données et connaissances en combinant, si possible, des méthodes de statistiques, de l'apprentissage (*machine learning*), de l'apprentissage profond (*deep learning*), les réseaux bayesiens et les méthodes de raisonnements issus de l'intelligence artificielle. Enfin, il faut gérer la variété, la vitesse et le volume des données caractérisant le Big Data, dans des systèmes qui soient capables d'être déployés sur les nouvelles architectures pour garantir un accès facile et rapide.

AgroParisTech entend structurer son implication en sciences des données grâce à la mise en place d'un groupe transverse entre ses départements de formation et de recherche dans le domaine des sciences des données et des questions liées à l'analyse de données au sein de l'établissement. Il s'agit à la fois de faire monter en compétences les cadres scientifiques qui produisent des données et d'inviter nos spécialistes de l'analyse des données à contribuer à exploiter au mieux ces données. Cette approche scientifique est complémentaire du travail de structuration sur la gestion des données de la recherche et une articulation est d'ores-et-déjà prévue entre les deux démarches.

La question des infrastructures est également centrale. AgroParisTech est régulièrement interpellé sur le développement d'une offre de stockage adaptée à des besoins variés pouvant aller jusqu'à de grands volumes et garantissant la sécurité des données. AgroParisTech se donne comme objectif de définir une stratégie numérique dans les prochaines années.





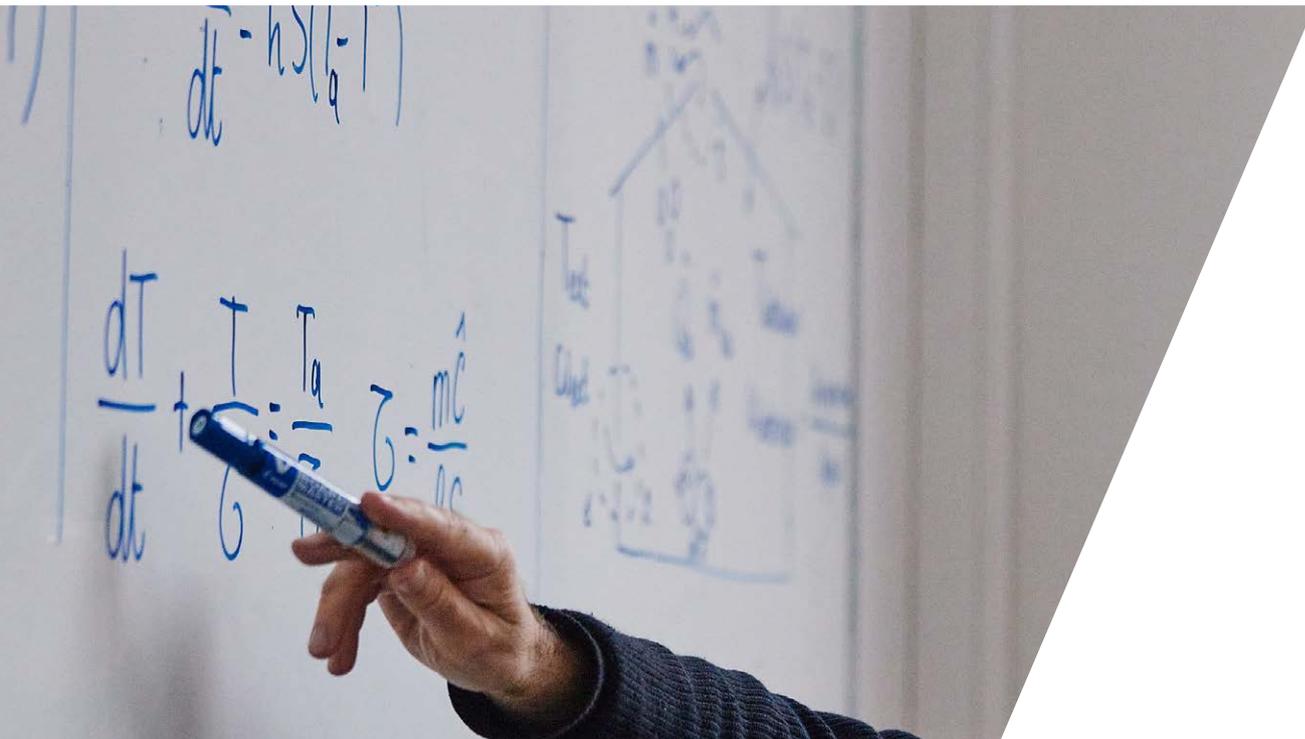
Fédérer les démarches de modélisation mécaniste

Les démarches de modélisation mécaniste consistent à chercher à représenter un phénomène par un système d'équations dont les paramètres ont un sens concret, qu'il s'agisse d'un paramètre biologique, physique ou économique. Elles sont omniprésentes à AgroParisTech. On les retrouve à toutes les échelles d'organisation, et pour une multitude d'objets (un organisme, une population, un écosystème, un système technique, un processus, un marché, pour ne citer que quelques exemples génériques). Elles sont indispensables pour expliquer le fonctionnement et prédire la dynamique, dans l'espace et le temps, d'un système complexe. Les approches de modélisation permettent d'avancer plus rapidement sur la compréhension des phénomènes, la validation d'hypothèses, la prédiction quantitative, l'expérimentation *in silico*, l'ingénierie et l'optimisation multicritère en incluant l'impact environnemental.

Ces approches sont encore abordées de façon trop cloisonnée, par disciplines notamment. Or, un dialogue

entre ces approches apporterait sans nul doute un bénéfice mutuel important, par le partage des concepts, des questionnements, des réponses, voire par le couplage de modèles, rendu de plus en plus nécessaire par la complexité et la transdisciplinarité des questions de recherche, en support, notamment, du premier axe thématique présenté dans cette stratégie.

Par sa taille et la richesse des approches de modélisation qui y sont pratiquées, AgroParisTech peut créer et animer ce dialogue. L'établissement entend ainsi mettre en place une dynamique transdisciplinaire autour de la modélisation à l'échelle de l'établissement à travers une animation, un partage de bonnes pratiques, la production et la diffusion de méthodes et de documents. L'établissement compte sur cette démarche collective pour bonifier l'ensemble des travaux de modélisation dans chacune des disciplines concernées et encourager des initiatives interdisciplinaires.





agroparistech.fr

Contact : dritt@agroparistech.fr



Partenaire de

