

# SCHEMA STRATEGIQUE 2016-2020

## DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET AMELIORATION DES PLANTES

### -VERSION COURTE-

## 1. Contexte, missions et finalités

Les recherches du département de Biologie et Amélioration des Plantes (BAP) s'inscrivent dans le domaine des sciences du végétal. Elles se positionnent dans un contexte socio-économique où la recherche agronomique est interrogée de façon accrue et où une place croissante est donnée aux processus d'innovation afin de conjuguer les performances productives, économiques, environnementales, sanitaires et sociales des systèmes de production agricole. Les recherches en biologie végétale et génétique constituent un levier majeur face à ces enjeux. Elles s'insèrent dans plusieurs agendas stratégiques<sup>1</sup>, et les alimentent en retour.

Sur le plan scientifique, des évolutions majeures impactent nos domaines de recherche, avec notamment, l'avènement des technologies "omiques" chez un nombre croissant d'espèces associé à un besoin accru en bioinformatique et bioanalyse, le renouveau des méthodes d'amélioration des plantes (dont les techniques d'édition des génomes) et la montée en puissance du phénotypage à haut-débit et des approches prédictives à toutes les échelles.

En mobilisant en particulier les disciplines de la biologie végétale et de la génétique, nos recherches visent à produire des connaissances fondamentales et opérationnelles sur le fonctionnement des plantes en interaction avec leur environnement, et à intégrer ces connaissances pour stabiliser et/ou augmenter la production, améliorer la qualité des produits des plantes, accompagner le développement des approches de l'agroécologie, diversifier les espèces cultivées et l'usage des produits des plantes, ou encore offrir des sources de matières premières adaptées aux attentes de la bioéconomie.

Nos missions sont de :

- Produire des connaissances génériques et contribuer à l'exploration de nouveaux fronts de science dans le cadre de l'étude des grandes fonctions du végétal ;
- Comprendre et valoriser le déterminisme des caractères végétaux d'intérêt agronomique ;
- Contribuer à la conservation et à la valorisation de la diversité génétique végétale ainsi qu'à la production de matériels innovants pour les espèces végétales cultivées.

Les recherches portent à la fois sur des plantes modèles (*Arabidopsis*, *Brachypodium*, *Medicago truncatula*) et des espèces cultivées représentatives des grandes filières des productions végétales (viticulture, horticulture, grandes cultures, cultures fourragères,

---

<sup>1</sup> Stratégie nationale de recherche (<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid86688/strategie-nationale-de-recherche-france-europe-2020.html>), loi d'avenir pour l'agriculture (<http://www.gouvernement.fr/action/la-loi-d-avenir-pour-l-agriculture-l-alimentation-et-la-foret>), plan écophyto (<http://agriculture.gouv.fr/ecophyto-les-nouvelles-orientations-du-plan>), plan semences et agriculture durable (<http://agriculture.gouv.fr/evaluation-du-plan-semences-et-agriculture-durables>), expertise agriculture et biodiversité (<http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Agriculture-et-biodiversite>) et rapport agriculture et innovation 2025 (<http://prodinra.inra.fr/record/348788>)

cultures pour la production de biomasse). Elles procèdent globalement d'une démarche de biologie intégrative.

## 2. Champs thématiques et compétences

Les domaines d'activité scientifique du département s'insèrent dans trois champs thématiques (CT) formant un continuum du génome à la plante dans son environnement et aux populations naturelles ou en sélection. Elles sont conduites à différents niveaux d'organisation : molécule, cellule, organe, organisme, peuplement cultivé.

Le **CT1 - Fonctionnement, dynamique et évolution des génomes** - porte sur l'étude des génomes des plantes et leurs dynamiques structurales et fonctionnelles à différentes échelles de temps. Ces recherches fournissent les bases pour développer des approches de génomique fonctionnelle et pour comprendre les processus évolutifs et l'adaptation des plantes à leur environnement. Elles se déclinent autour de quatre thématiques :

- Analyse structurale et fonctionnelle des génomes ;
- Mécanismes impliqués dans l'évolution des génomes ;
- Régulation de l'expression des gènes ;
- Mécanismes de la recombinaison méiotique.

Le CT1 mobilise des compétences scientifiques principalement en génomique (structurale, fonctionnelle et comparative), mais aussi en biologie moléculaire, génétique et bioinformatique.

Le **CT2 - Fonctionnement des plantes et interaction avec l'environnement** - concerne l'étude des déterminants et mécanismes génétiques, moléculaires et physiologiques régissant les grandes fonctions du végétal et leur intégration aux différentes échelles biologiques. Les recherches sont structurées autour de cinq thématiques :

- Développement et architecture des plantes ;
- Métabolisme primaire et secondaire ;
- Nutrition minérale et réponses adaptatives aux fluctuations environnementales ;
- Interactions biotiques : résistance aux bioagresseurs et interactions bénéfiques ;
- Produits végétaux pour des usages alimentaires et non-alimentaires.

Les compétences principales mobilisées par le CT2 sont la physiologie, la biologie moléculaire et cellulaire, la génétique et la génomique fonctionnelle. La biochimie, la biophysique, la bioinformatique et les mathématiques (modélisation) sont également mobilisées.

Le **CT3 - Diversité génétique, adaptation et sélection** - vise à décrire la diversité génétique des espèces modèles ou cultivées et de leurs apparentées, à caractériser les polymorphismes façonnant les phénotypes et leur dynamique évolutive à l'échelle des populations, et à exploiter cette diversité pour la production de matériels génétiques innovants. Les recherches s'articulent autour de quatre thématiques :

- Structuration de la diversité génétique des espèces et de leurs apparentées ;
- Dynamique de l'évolution de la diversité génétique, adaptation et domestication ;
- Développements méthodologiques en sélection génomique et biotechnologies ;
- Conception d'idéotypes et innovation variétale.

Les compétences scientifiques mobilisées sont la génétique moléculaire, la génétique quantitative et la génétique des populations, mais aussi la génomique évolutive, les mathématiques, la bioinformatique, la biologie cellulaire et l'amélioration des plantes.

### 3. Le Département et son écosystème partenarial

Ces CT sont portés par un collectif de recherche d'environ (chiffres de fin 2016) 1150 agents permanents rattachés au département BAP et regroupés au sein de 21 unités de recherche propres ou mixtes, 16 unités expérimentales, 2 unités de services et 1 unité sous contrat, réparties dans 14 centres Inra.

De par la nature de ses objets de recherche et des niveaux d'organisation appréhendés, les recherches du département BAP s'inscrivent en complémentarité et collaboration avec les recherches des autres départements de l'Inra (en particulier ceux ayant pour objet le végétal – [EA](#), [SPE](#) et [CEPIA](#) - et ceux développant des approches similaires ou méthodologiques sur des objets différents - [GA](#), [PHASE](#) -) et également dans le cadre de programmes pluridisciplinaires soutenus par les métaprogrammes [SELGEN](#), [ACCAF](#), [SMaCH](#), et [EcoServ](#).

A l'échelle nationale, le département BAP regroupe plus de 70% des forces de recherche en biologie et amélioration des plantes. Il entretient des collaborations académiques sur des objets et/ou thèmes de recherche partagés avec l'Institut National des Sciences Biologiques du CNRS, le CIRAD, le CEA et l'INRIA ainsi qu'avec des établissements d'enseignement supérieur notamment à travers ses unités mixtes de recherche. A l'échelle européenne, le positionnement du département BAP est assez original dans le sens où aucune autre institution européenne active dans le secteur de la biologie végétale et/ou l'amélioration des plantes ne couvre véritablement le continuum de la recherche fondamentale jusqu'à l'innovation variétale.

Le département BAP pilote et mobilise des ressources et infrastructures collectives qui sont stratégiques pour ses recherches et ses partenariats et s'inscrivent dans l'objectif [#OpenScience-1](#) du document d'orientation [#inra2025](#).

- Des collections de ressources biologiques au travers de quatorze centres de ressources biologiques (CRB) ayant un rôle de collecte, conservation, distribution, caractérisation et exploitation pour ses recherches et contribuant à l'infrastructure nationale RARE<sup>2</sup> ;
- Un dispositif d'expérimentation avec seize unités expérimentales, généralement spécialisées sur un type de culture (e.g., viticulture) et couvrant une large diversité de conditions pédoclimatiques. Ce dispositif est un des piliers des recherches du département, et plus largement des départements [EA](#), [SPE](#) et dans une moindre mesure [EFPA](#), [PHASE](#) et [SAD](#), et contribue par exemple à l'infrastructure de phénotypage haut-débit Phénome ;
- Des plateformes technologiques labellisées fournissant des services à la pointe des développements techniques dans de nombreux domaines (génotypage, transcriptomique, protéomique, métabolomique, cytologie, imagerie, etc.) pour les analyses aux échelles de la molécule à la plante entière ;

---

<sup>2</sup> <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid99437/ressources-agronomiques-pour-la-recherche-rare.html>

- Des plateformes de stockage et d'analyse des données, contribuant par exemple à l'infrastructure européenne ELIXIR<sup>3</sup>.

Dans un contexte où une place croissante est donnée aux processus de transfert et d'innovation, le partenariat socio-économique est un élément déterminant de notre stratégie. Ainsi BAP entretient un partenariat socio-économique dynamique dans le secteur des productions végétales<sup>4</sup> et met en œuvre sa stratégie dans le cadre du domaine d'innovation « Plante : caractérisation, sélection et produits » et contribue aux Instituts Carnot Plant2Pro et 3BCAR.

## 4. Priorités Scientifiques

Nos priorités scientifiques sont structurées autour de quatre enjeux structurants (EnjS), alimentés de façon transversale par huit fronts de science (FS). Outils d'orientation stratégique et d'animation, les EnjS constituent un guide pour renouveler nos démarches de recherche, pour accroître les interfaces disciplinaires, et sont de nature à faire évoluer nos objets d'études, en réponse aux enjeux scientifiques et socio-économiques. Les FS correspondent à des thèmes de recherche scientifique et/ou technologique s'inscrivant en continuité ou correspondant à des inflexions et pour lesquels un leadership à l'international existe ou est attendu.

### EnjS1 : Développer les approches prédictives en biologie des plantes

Le défi est de dépasser le niveau d'analyse au sein d'une échelle et d'évoluer vers des modèles intégrant des niveaux d'organisation plus complexes permettant la compréhension de propriétés émergentes à des échelles supérieures. Cela permettra à terme la compréhension des mécanismes sous-jacents aux grandes fonctions végétales et des prédictions à l'échelle de la plante dans son environnement biotique et abiotique, mais aussi à l'échelle de l'agrosystème. Les questions de recherche portent sur :

- La spécialisation tissulaire et le fonctionnement des réseaux moléculaires, les synergies et les rétrocontrôles entre voies métaboliques et leurs rôles dans le développement ;
- Les liens causaux entre caractéristiques (sub-)cellulaires, morphogénèse des organes et architecture des plantes ;
- Le couplage de l'information (épi)génétique avec des traits phénotypiques pour la prévision de caractères quantitatifs en fonction de l'environnement et des systèmes de culture.

Les approches prédictives sont mobilisées et alimentent en retour les FS1 « comprendre et exploiter la variabilité épigénétique », FS2 « réguler le nombre et la répartition des crossing-over », FS4 « améliorer le métabolisme primaire et secondaire », FS5 « gérer durablement les résistances aux bioagresseurs », FS6 « caractériser les réponses adaptatives à des contraintes combinées » et FS8 « développer la sélection génomique ».

S'inscrivant dans l'orientation de politique générale [#OpenScience-3](#) (*des approches prédictives en biologie*), ces recherches alimenteront par exemple l'objectif [#3Perf-2](#) (*d'autres leviers biologiques et technologiques pour la multiperformance*) au travers

<sup>3</sup> <https://www.elixir-europe.org/>

<sup>4</sup> Semenciers, associations professionnelles, instituts techniques, coopératives, chambres d'agriculture constituant un portefeuille d'une 100<sup>aine</sup> de partenaires

d'approches de modélisation de la performance de différentes espèces pérennes et de grandes cultures dans des environnements contrastés, ou encore l'objectif [#BioRes-1](#) (*le développement des biotechnologies vertes et blanches*), où des approches de modélisation sont mises en œuvre pour caractériser le métabolisme du fruit charnu, la genèse des corps lipidiques, des réseaux impliqués dans l'utilisation des nutriments minéraux, ou encore la production de molécules à haute valeur ajoutée, dans certains cas en préalable à la biologie de synthèse.

### **EnjS2 : Promouvoir la recherche translationnelle**

La recherche translationnelle consiste en un processus collaboratif et itératif visant à mettre en système la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le partenariat socio-économique pour le transfert et la production d'innovations.

Au niveau scientifique, sa mise en œuvre nécessite de développer la génomique fonctionnelle comparée (notamment en lien avec le FS3 «exploiter la dominance des sous génomes des polyploïdes») et de mettre en place des systèmes de validation fonctionnelle haut-débit (notamment au travers du FS7 «maîtriser l'édition des génomes») pour une large gamme d'espèces végétales.

Au-delà des innovations attendues pour les espèces "majeures" de l'agriculture dans le cadre de l'objectif [#3Perf-2](#), ces recherches alimenteront les objectifs [#3Perf-1](#) (*l'agroécologie mobilisée au service de la multiperformance des agricultures*), par exemple par le transfert et l'innovation chez des espèces dites "mineures", souvent orphelines de recherche (e.g., diversification des légumineuses) ou encore [#Food-3](#) (*les qualités des aliments élaborées dès l'amont*) dans le cadre des recherches visant à améliorer le métabolisme primaire ou secondaire (FS4) en lien par exemple avec la qualité organoleptique ou nutritionnelle des produits des plantes.

### **EnjS3 : Mobiliser la biologie, la génétique et les biotechnologies pour les approches d'agroécologie**

Afin de contribuer à la multi-performance de l'agriculture et de réduire son impact sur l'environnement, un enjeu de l'amélioration des plantes réside dans l'élargissement des cibles de sélection et le développement d'une gamme variétale plus large répondant aux approches de l'agroécologie. Il s'agit dans ce cadre d'élargir et adapter nos objectifs de recherche, que cela concerne les espèces cultivées, les caractères étudiés, ou le couplage entre phénotypes, environnement et pratiques. Dans ce cadre, nos priorités s'articulent autour de 2 axes de recherches:

- Accroître et valoriser la diversité intra- et inter-espèces des espèces cultivées, au travers de la caractérisation et de la mobilisation des mécanismes à la base de processus biologiques qui confèrent des fonctionnalités supplémentaires aux peuplements végétaux par rapport aux fonctionnalités individuelles ;
- Développer et exploiter les recherches sur de nouveaux traits des végétaux : (i) interactions bénéfiques entre plantes et microorganismes, (ii) aptitude à l'association au sein des peuplements végétaux, et (iii) optimisation du stockage de carbone dans les sols.

Ces axes de recherche et les FS5 « gérer durablement les résistances aux bioagresseurs » et FS6 « caractériser les réponses adaptatives des plantes à des contraintes combinées »

contribueront de façon assez évidente aux objectifs [#3Perf-1](#) (*l'agroécologie mobilisée au service de la multiperformance des agricultures*). Ces travaux alimenteront également les objectifs [#Climat-1](#) (*l'adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique*) avec par exemple des travaux visant à démontrer et exploiter la contribution de l'épigénétique dans l'adaptation à l'environnement biotique et abiotique (vigne, arbres fruitiers, colza), [#Climat-2](#) (*la maîtrise de la contribution de l'agriculture et de la forêt à l'effet de serre*) avec des recherches sur la contribution de la physiologie, l'architecture et le turn-over des racines à l'objectif « 4 pour 1000 » (<http://4p1000.org/>), et [#Climat-3](#) (*la conservation de la biodiversité et la valorisation des services*) avec par exemple les recherches sur la caractérisation des interactions bénéfiques entre plantes et microorganismes du sol (légumineuses, colza, blé et maïs). Nos recherches contribuant aux approches de sélection participative alimentent également l'objectif [#OpenInra-4](#) (*la science ouverte aux acteurs non marchands de la société*) : un exemple actuel est la sélection participative de variétés de blé dur biologique répondant aux attentes des industriels et adaptées aux besoins de la filière artisanale en circuit court.

#### **EnjS4 : Contribuer à la construction des qualités des produits des plantes et aux différents usages de la biomasse végétale**

Les productions végétales se positionnent à l'amont des systèmes alimentaires, énergétiques et chimiques, utilisateurs de biomasse végétale. La quantité, la qualité et les usages des produits des plantes et de leur biomasse constituent des éléments clés de la compétitivité durable des filières et de la stratégie nationale de bioéconomie<sup>5</sup>. Dans ce contexte, il est attendu une contribution accrue des recherches du département sur les produits et usages des produits des plantes, en réponse aux enjeux de systèmes alimentaires sains et durables ainsi que de nouveaux usages de la biomasse végétale. Il s'agit notamment dans ce cadre de développer les leviers d'action que constituent les biotechnologies vertes (FS7 « maîtriser l'édition des gènes »), la biologie des systèmes et la biologie de synthèse (EnjS1), ainsi que les connaissances sur le métabolisme des plantes (FS4 « améliorer le métabolisme primaire ou secondaire»).

Ces recherches alimenteront par exemple l'objectif [#Food-3](#) (*les qualités des aliments élaborés dès l'amont*) avec des travaux sur la qualité organoleptique (e.g. tomate, pomme, raisin), la qualité nutritionnelle et la diminution des allergènes (blé) pour l'alimentation humaine, et l'objectif [#BioRes-1](#) avec des travaux sur la biologie et l'amélioration des mécanismes quantitatifs et qualitatifs de production des lipides et des lignocelluloses.

#### **Pour en savoir plus sur l'organisation, les unités, dispositifs et ressources :**

Internet département BAP : <http://www.bap.inra.fr/>

Intranet département BAP : <https://intranet.inra.fr/bap>

---

<sup>5</sup> <http://agriculture.gouv.fr/la-strategie-nationale-bioeconomie-remettre-la-photosynthese-au-coeur-de-notre-economie>