



**Phenome
Emphasis**

Phénotypage au service
des cultures durables

Grands objectifs prioritaires de l'infrastructure nationale Phenome-Emphasis 2026-2029

B Muller, T Rougier, J Le Gouis et al.
MAJ Nov 2025

PHENOME-EMPHASIS vise à développer et proposer à la recherche académique et aux acteurs industriels, des services de phénotypage à haut débit des plantes et des couverts pour accompagner l'agriculture face aux défis du changement climatique et de la transition agroécologique. Cette ambition s'appuie sur plus de deux décennies de travaux pionniers menés par INRAE et ses partenaires, sur un réseau de plateformes en conditions contrôlées et au champ couvrant une diversité de pédoclimats et sur une expertise reconnue mondialement dans les différentes dimensions du phénotypage – incluant l'acquisition de la donnée et sa gestion jusqu'à son interprétation. Les activités de développement et d'innovation autour des méthodes et outils, de diffusion des savoir-faire auprès des acteurs, contribuent à renforcer la place de la France au sein de la phénomique européenne et mondiale au service de la durabilité des agricultures.

Les objectifs de l'infrastructure pour la période 2026 - 2029 se déclinent en 5 volets :

1. Caractériser - à l'aide d'installations et d'outils de phénotypage à haut-débit - la variabilité génétique et le fonctionnement des agrosystèmes dans les nouveaux contextes agricoles

- Déployer les capacités de phénotypage à haut débit pour **caractériser la variabilité génétique** des plantes - y compris à des fins d'évaluation variétale officielle - **et décrypter les interactions GxExM** sous contraintes multiples abiotiques et biotiques, dans des systèmes de culture innovants.
- Inclure dans cette démarche les **interactions entre plantes, micro-organismes et environnements**, en intégrant phénotypage structurel (architecture, phénologie) et fonctionnel (métabolisme, état nutritionnel et sanitaire, composition des tissus), de l'organe jusqu'au couvert.
- Contribuer aux **approches prédictives** des utilisateurs (métabolomique, évaluation variétale, nouvelles espèces) au service de la sélection et de l'innovation agroécologique.

2. Contrôler et qualifier les environnements expérimentaux dans une démarche responsable

- **Moderniser, automatiser les dispositifs expérimentaux** pour le contrôle fin des stress, biotiques et abiotiques seuls ou combinés et l'exploration d'environnements extrêmes ou fortement contrastés, la robotisation des opérations récurrentes et la réduction de la pénibilité.
- **Développer l'envirotypage multi-échelle et la caractérisation spatio-temporelle des environnements** par l'intégration de capteurs avancés (proxidetection, piquets connectés, systèmes 3D) pour cartographier le climat, le sol, le microbiome et les micro-conditions au sein du couvert, pour le couplage des données entre conditions contrôlées et champ afin de renforcer les analyses GxExM.
- **Promouvoir une gestion durable, circulaire et résiliente des plateformes expérimentales par la sobriété énergétique**, la récupération et réutilisation des ressources (eau, CO₂, fluides), la valorisation des déchets, et l'optimisation des flux d'usage et maintenance raisonnée.

3. Innover sur les méthodes et outils pour le phénotypage numérique et la modélisation

- **Concevoir et mobiliser de nouveaux dispositifs de mesure pour les phénotypes et les environnements** par le développement & le déploiement d'une nouvelle génération de dispositifs (piquets connectés,



satellites) associés à l'imagerie fonctionnelle (hyperspectrale, thermique, LiDAR, RGB haute résolution), harmonisée entre les sites, à des fins de méta-analyses. Déployer des outils légers, mobiles et compatibles avec de grands volumes de données issues d'expérimentations en conditions variées.

- **Développer des outils d'analyse, d'intégration et de fusion de données multi-sources** via la conception de méthodes d'apprentissage avancées (semi/auto-supervisé, modèles de fondation, modèles multi-modaux, hybridation données réelles/simulées) et de workflows combinant imagerie, capteurs, données multi-omiques et environnementales ; le déploiement de méthodes dynamiques pour extraire des traits fonctionnels et explorer les interactions complexes G×E×M ; la validation des méthodes ; le rapprochement avec les communautés de modélisation (jumeaux numériques, modèles de culture, FSPM) dans différents contextes (prédiction de rendement, qualité, mélanges de cultures, adventices...).
- **Assurer l'interopérabilité, la traçabilité et la valorisation des données et des modèles dans des outils FAIR** via le déploiement et l'évolution de systèmes d'information interopérables, fondés sur des standards partagés et des graphes de connaissances ; la sécurisation, la documentation et la diffusion des données ; la convergence des différents capteurs et formats via des outils de visualisation intégrés et l'intégration assistée des données expérimentales et environnementales dans les environnements numériques ; une politique de science ouverte permettant de capitaliser sur de grands jeux de données. Assurer l'accès à des infrastructures numériques dimensionnées pour le stockage et le traitement de données de phénotypage à haut débit, y compris via des méthodes numériques exigeantes comme l'intelligence artificielle. Permettre la réutilisation des données pendant plusieurs années via une stratégie de conservation et d'archivage.

4. Diffuser, former et fédérer la communauté du phénotypage en écho aux attentes des acteurs

- Enrichir et proposer un catalogue évolutif de **formations, ateliers pratiques et accompagnements ciblés**, favorisant la montée en compétence des équipes et l'usage partagé des outils de mesure et d'analyse.
- Consolider le **catalogue de services et la visibilité** nationale et internationale des nœuds et les expertises associées auprès des acteurs.
- Renforcer pour l'impact, les **partenariats avec les acteurs publics, privés** (notamment les PME), **et académiques** des filières agricoles, de l'agriculture numérique, de la biostimulation et du biocontrôle, de la génétique et de la sélection variétale. Il s'agit à la fois de favoriser la diffusion des innovations (offrant de la visibilité aux acteurs existant, favorisant l'émergence de spin-off).

5. Renforcer l'intégration et le rayonnement européen et international de la phénomique végétale

- **Apporter une participation structurante** à la mise en place et à l'opérationnalisation d'EMPHASIS-ERIC, en y apportant des services phares **via la coordination de la « Fonctionnal Unit DATA »** et le partage de méthodologies transférables en particulier pour des objectifs d'intégration des données. Poursuivre les liens étroits avec les infrastructures européennes (IFB/ELIXIR, AnaEE, EuroBioImaging).
- **Animer et coordonner des projets européens et internationaux ambitieux** en imagerie, modélisation, IA, gestion des données et phénotypage avancé, s'appuyant sur des réseaux pérennes et multi-acteurs (consortia européens, partenariats CGIAR, ANR internationales). Développer des collaborations structurantes avec les grandes universités et centres internationaux (ex. CGIAR, Nanjing, Japon, Danemark, UQ), et participer activement à des groupes de travail internationaux (IPPN...).
- **Maintenir un leadership scientifique, technologique et politique** de la communauté française dans les infrastructures européennes de phénomique via la consolidation du rôle moteur de la communauté française dans la définition des orientations scientifiques et dans la construction des infrastructures européennes, la présence forte dans les projets européens, les réseaux internationaux, et les laboratoires internationaux associés (LIA). Peser via la rédaction de documents sources d'influence (Opinion paper, position paper, data papers etc...) et la présence éditoriale dans des revues de renommée mondiale (Plant Phenomics, Remote sensing of Environment, JxB...).