

Journée PHENOME-EMPHASIS 2023

La demande de phénotypage dans les domaines des semences et des agrofournitures

Jeudi 13 avril 2023, INRAE-147 rue de l'université Paris

Bertrand Muller / Jacques Le Gouis



**La demande de phénotypage dans les domaines des semences et des
agrofouritures**

Jeudi 13 avril 2023 / 10h00-17h00
INRAE 147 rue de l'université, PARIS

9h30-10h00 : Accueil des participants - café

Présentations des avancées du projet PHENOME-EMPHASIS

10h00-10h20 : PHENOME-EMPHASIS : Une infrastructure nationale distribuée portée par des projets nationaux et européens

Jacques le Gouis, Bertrand Muller, INRAE

10h20-10h50 : Avancées méthodologiques - Systèmes d'acquisition et chaînes d'analyses d'images

Marie Weiss, INRAE, David Rousseau, Université Angers

10h50-11h10 : Pause-café

11h10-11h40 : Avancées méthodologiques - Systèmes d'information et analyses de données

Isabelle Alic, Cyril Pommier, Pascal Neveu, INRAE

11h40-12h40 : Présentations de cas d'usage

Jean-Eudes Hollebecq, TERRES INOVIA, Benoit de Solan, ARVALIS, David Rousseau, Université Angers

12h40-13h00 : Discussion générale sur l'infrastructure



anr
agence nationale
de la recherche
AU SERVICE DE LA SCIENCE

ANR11-INBS-0012

INRAE **ARVALIS**

**Terres
Inovia**
l'agronomie en mouvement

PHENOME-EMPHASIS : Une infrastructure nationale distribuée portée par des projets nationaux et européens

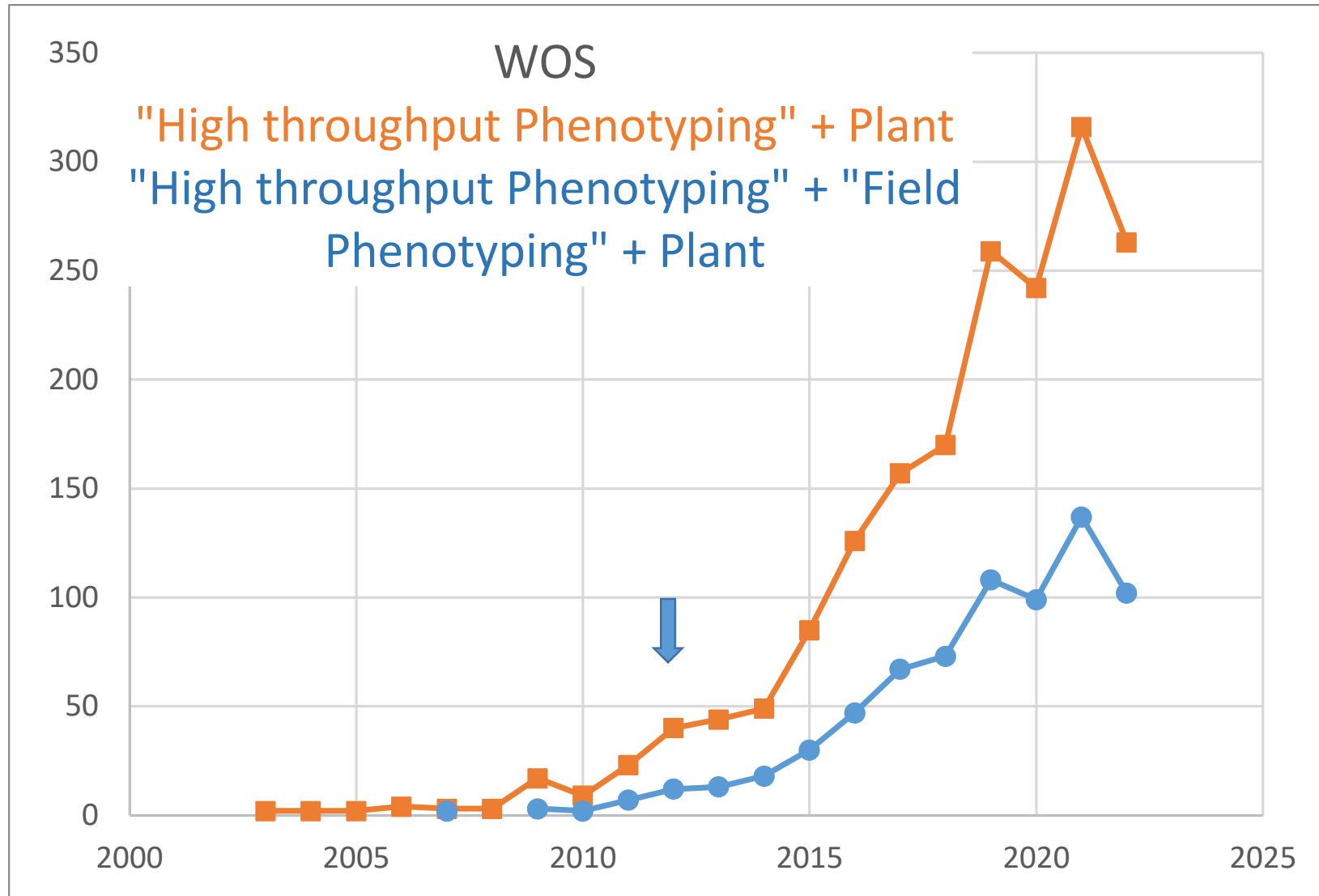
Journée des acteurs du Phénotypage

13 avril 2023, INRAE-Paris

Bertrand Muller / Jacques Le Gouis

<https://www.phenome-emphasis.fr/>





PHENOME =
260 publications
(40 en 2022)

Développer l'infrastructure qui aidera à concevoir des variétés adaptées au changement climatique et à l'agroécologie

1. **Caractériser** de grandes collections de génotypes permettant des études de génétique quantitative (GWAS - GS) : **phénotypage à haut débit**
2. **Manipuler / contrôler** des scénarios environnementaux contrastés, y compris les principales composantes abiotiques/biotiques du changement climatique et de l'agroécologie
3. **Développer des méthodes / applications** pour la communauté végétale permettant de répondre à de nouvelles questions scientifiques fondamentales et appliquées
4. **Faciliter l'émergence d'un écosystème de PME** autour du phénotypage et de l'agriculture numérique
5. **Participer au développement d'une infrastructure européenne** pour la phénomique (EMPHASIS) et interagir avec des infrastructures connexes (ELIXIR, AnAEE, MetaboHub, ...)

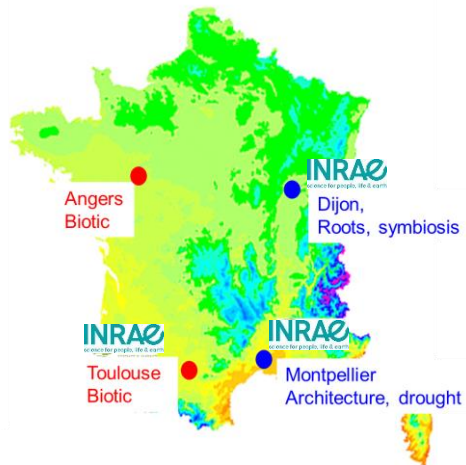
11 installations distribuées et 2 projets méthodologiques



« comprendre »
(4 installations en cond. contrôlées)

« évaluer »
(5 installations au champ)

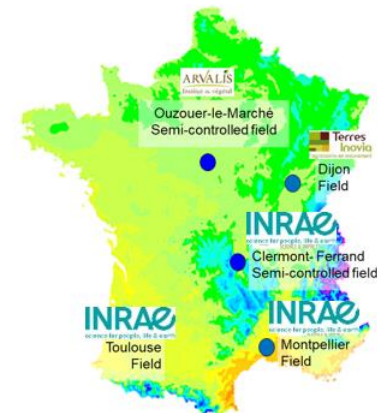
« caractériser »
(2 installations pour les phénotypes biochimiques)



Système d'information



Vecteurs / capteurs / workflows d'analyse d'image





Infrastructure				Control				traits/organs											
Local infrastructure	Institution/ research unit	Installation	Open. Year	Soil water	CO2	low N or P	Biotic	Time defin.	Growth	Transpir.	Root arch.	Shoot arch.	Photosynt.	Canopy arch.	Polysacch. Proteins	Lipids	Starch	Oligosacch	Enzyme act. metabo.
Montpellier controlled (M3P)	INRAE-LEPSE	PhenoArch	2013	x		x		d	x	x		x	RUE	x					
		PhenoDyn	2007			x		min	x	x									
		Phenopsis	2007	x	x	x		h	x	x		x	Fluo						
Dijon controlled	INRAE-Agro	4PMI	2014	x	x	x	x	d	x	x	x	x	RUE	x					
Angers controlled	INRAE-IRHS	Phenotic	2014				x	d					Fluo						
Toulouse controlled	INRAE-LIPME	HeliaPhen		x			x	d	x	x			RUE						
		TPMP-Phenopsis	2017	x	x	x	x	d	x	x		x	Fluo						
		TPMP-Phenoserre	2017	x		x	x	d	x	x		x							
Clermont field	INRAE-GDEC	Pheno3C	2016	x	x			d	x				RUE	x					
Ouzouer field	Arvalis	PhenoField	2015	x			x	d	x				RUE	x					
Montpellier field	INRAE - Diasc	DiaPhen	2015					w	x					x					
Toulouse field	INRAE - Auz	AgroPhen	2017			x	x	w	x					x					
Dijon field	Terres Inovia	Phenovia	2013			x	x	w	x					x					
Bordeaux Omic	INRAE - BFP	Hit me	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					x
Nantes Omic	INRAE - BIA	Phenics	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		x			

117 accès en 2022

58 en conditions contrôlées

25 au champ

34 pour des caractérisations biochimiques

65% académiques nationaux

26% privés

9% académiques internationaux

Labellisations (ISC-INRAE, IBiSA...)

Modèle économique stabilisé

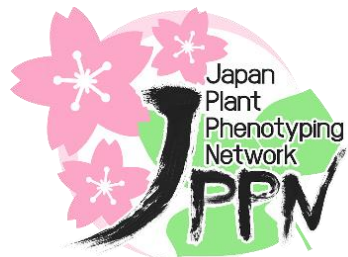
Des structurations nationales, européennes et mondiales

UK Plant Phenomics Network



南京农业大学作物表型组学交叉研究中心

PLANT PHENOMICS RESEARCH CENTER, NANJING AGRICULTURAL UNIVERSITY



NAME	RELEASE	TYPE	LEGAL STATUS	BUDGET (EUR M)	OPERATION START (Y)	INVESTMENT COST (EUR M)	OPERATION COST (EUR M/Y)	NAME	FULL NAME	TYPE	LEGAL STATUS	BUDGET (EUR M)	OPERATION START (Y)	INVESTMENT COST (EUR M)	OPERATION COST (EUR M/Y)	
ESRAINS	European Brain ReseArch InfrastructureS	distributed	AISBL, 2019	2021	2026*	323.8	34.8	PRACE	Partnership for Advanced Computing in Europe	distributed	AISBL, 2010	2006	2010	712.8	NA	
EMPHASIS	European Infrastructure for Multi-scale Plant Phenomics and Simulation									distributed		2016		2021		
AnaEE	Analysis and Experimentation on Ecosystems							Jules Horowitz Reader		distributed		ERIC Step2	2010		2021	
ICOS ERIC	Integrated Carbon Observation System									distributed		ERIC, 2015	2006		2016	
LifeWatch ERIC	e-Infrastructure for Biodiversity and Ecosystem Research									distributed		ERIC, 2017	2006		2017	
EST	European Solar Telescope									single-sited			2016		2029*	
ET	Einstein Telescope									single-sited			2021		2035*	
ELIXIR	A distributed infrastructure for life-science data									distributed		ELIXIR CA, 2013	2006		2014	
EBRAINS	European Brain ReseArch InfrastructureS									distributed		AISBL, 2019	2021		2026*	
EMBRC ERIC	European Marine Biological Resource Centre									distributed		ERIC, 2018	2008		2017	
ERINHA	European Research Infrastructure on Highly Pathogenic Agents									distributed		AISBL, 2017	2008		2018	
PHYSICAL SCIENCES	KM3NeT 2.0	KM3 Neutrino Telescope 2.0	distributed		2016	2020	396.0	3.0								
									ESRF Eas	European Synchrotron Radiation Facility Extremely Brilliant Source	single-sited	ESRF*	2016	2020	328.0	62.0
									European spallation source ERIC	European Spallation Source	single-sited	ERIC, 2016	2006	2026*	3,009.0	140.0
									European XFEL	European X-Ray Free-Electron Laser Facility	single-sited	European XFEL*	2006	2017	1,540.0	137.0
									FAIR	Facility for Antiproton and Ion Research	single-sited	GmbH, 2010	2006	2026*	NA	NA
									HL-LHC	High-Luminosity Large Hadron Collider	single-sited	CERN*	2016	2027*	1,408.0	136.0
									ILL	Institut Max von Laue - Paul Langevin	single-sited	ILL*	2006	2012	369.0	30.0
								sKAO	Square Kilometer Array Observatory	single-sited	sKAO, 2011	2006	2027*	1,000.0	77.0	
								sPIRAL2	Système de Production d'Ions Radioactifs en Ligne de 2e génération	single-sited	GANIL	2006	2016			
SOCIAL & HUMANITIES	E-RIHs	European Research Infrastructure for Heritage Science	distributed		2016	2026*	64.0	6.0	CESSDA ERIC	Consortium of European Social Science Data Archives	distributed	ERIC, 2017	2006	2012		
	EHR	European Holocaust Research Infrastructure	distributed		2018	2026*	15.0	2.0	CLARIN ERIC	Common Language Resources and Technology Infrastructure	distributed	ERIC, 2012	2006	2012		
	GoP	The Generations and Gender Programme	distributed		2021	2026*	18.2	1.1	DARIAH ERIC	Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities	distributed	ERIC, 2014	2006	2016		
	GUIDE	Growing Up in Digital Europe (EuroCohort)	distributed		2021	2032*	590.6	17.8	Ess ERIC	European Social Survey	distributed	ERIC, 2013	2006	2012		
	OPERAs	Open scholarly communication in the European Research Area for Social Sciences and Humanities	distributed	AISBL, 2019	2021	2029*	15.0	0.9	sSHARE ERIC	Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe	distributed	ERIC, 2011	2006	2011	NA	17.0
	RESILIENCE	Religious Studies Infrastructure: Tools, Innovation, Experts, Conflicts and Centres in Europe	distributed		2021	2034*	318.4	9.5								



Favoriser l'inscription de nouvelles variétés présentant une forte résistance aux stress biotiques et abiotiques, une adaptation à la gestion durable et une grande efficacité d'utilisation des ressources

Phenofield



Phenomobile



Alphi



PHENOMAN



Drones



Winter Wheat, campaign 2020-2021, 4 specific trials

PhénoField



Phe-B



Drones



PHENOMAN



KMScan



Maize, campaign 2022, 3 specific trials

Pommiers

AgroEcoPhen

Phénotypage à haut débit des plantes pour l'agroécologie



PEPR 'Agroécologie et numérique'

*Données, Agroéquipements et Ressources Génétiques
au service de la transition agroécologique
et de l'adaptation aux aléas climatiques*

Claire Rogel-Gaillard et Jacques Sainte-Marie

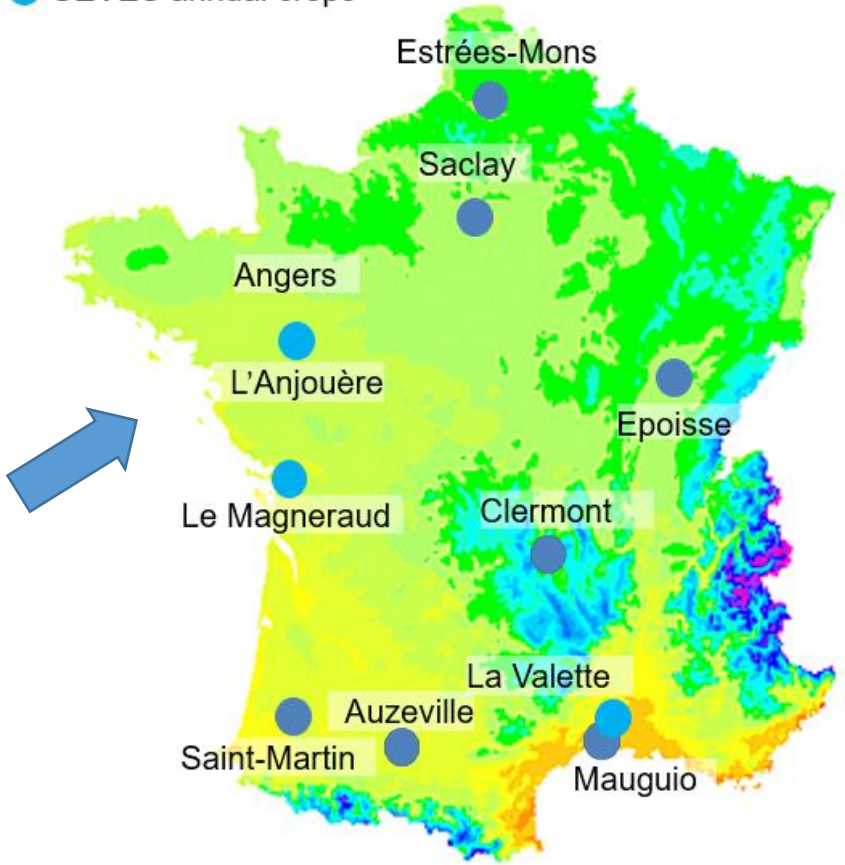
2023-2027

Renforcer les capacités d'envirotypage et de phénotypage d'un réseau national d'expérimentation sur les grandes cultures

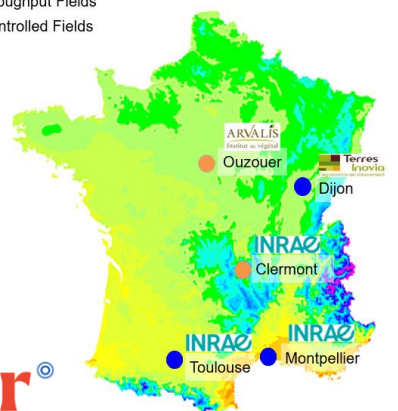
- Prendre appui sur le réseau des Unités expérimentales INRAE et GEVES

AGROECOPHEN local hubs

● INRAE ● GEVES annual crops



PHENOME-EMPHASIS field Platforms
● High-throughput Fields
● Semi-controlled Fields



- Implémenter ou développer des outils



Perche LITERAL
RGB

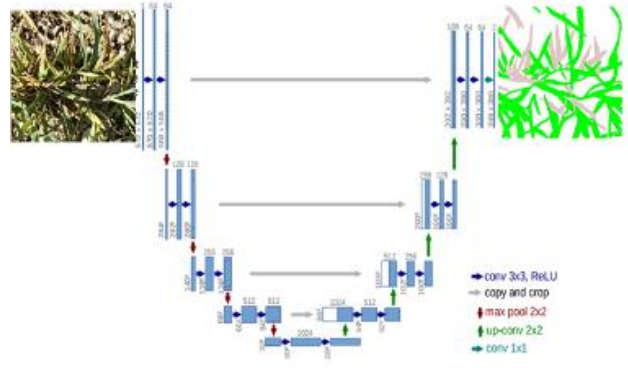
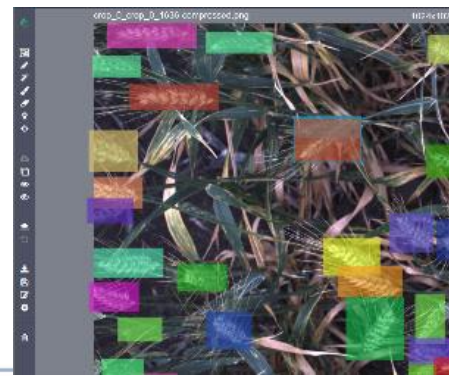


Drone RGB +
multispectral + LIDAR



Piquets connectés
(envirotypage)

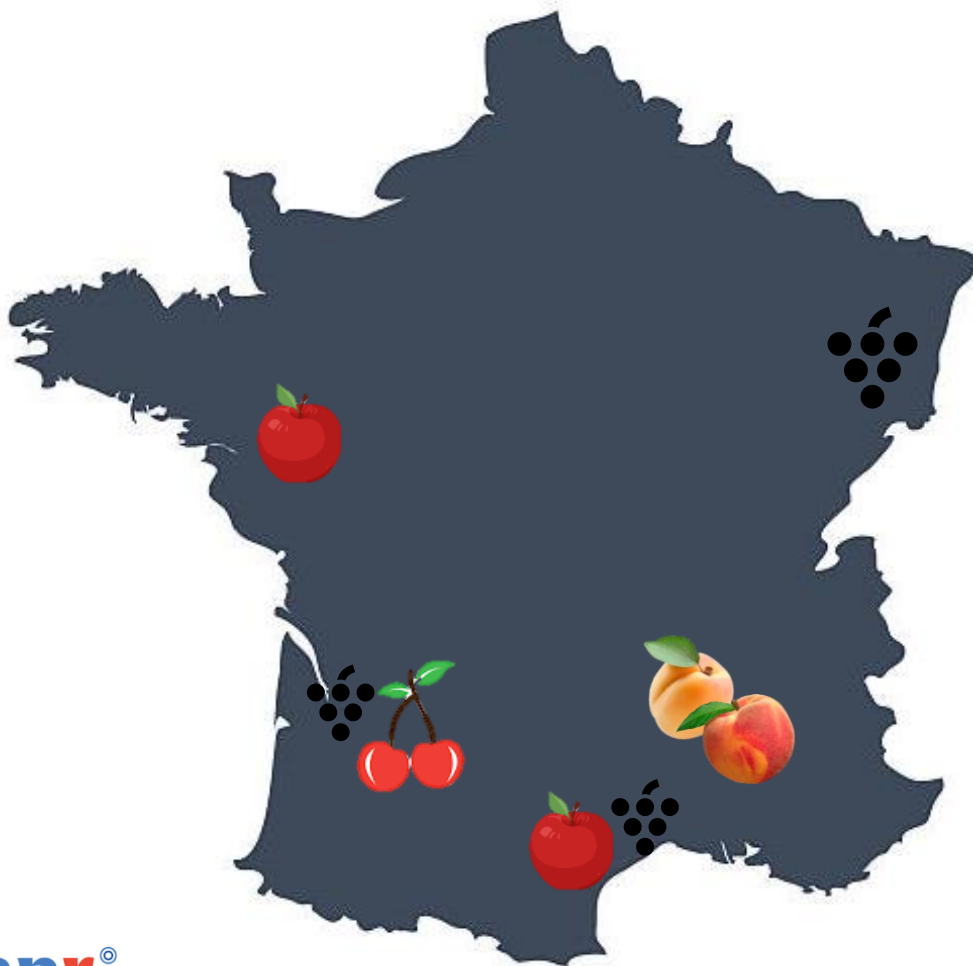
- Développer des méthodes d'imagerie



Deep learning

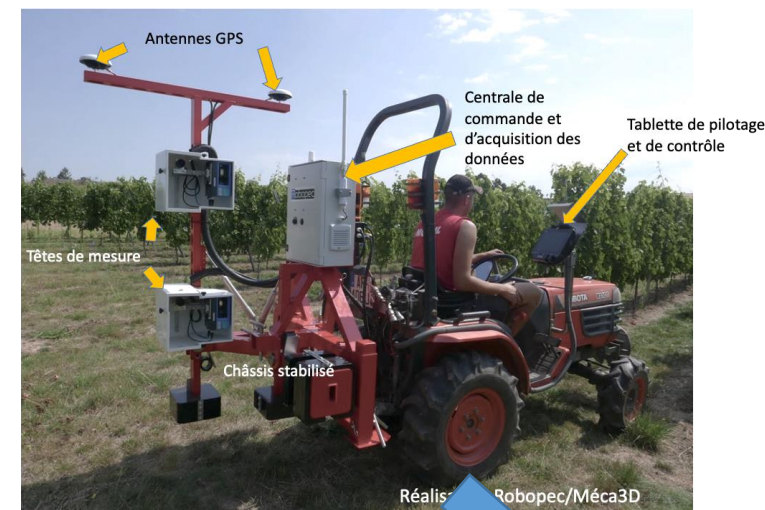
Mettre en œuvre des outils de phénotypage et d'envirotypage à haut-débit dans les vergers et les vignobles sous faible recours à l'agrochimie

- Prendre appui sur plusieurs Unités expérimentales INRAE



Phénomobile viti (Colmar)

- Équiper les sites (imagerie RGB, LiDAR, multispectral, stéréovision sur Phénomobile, Perche, Drone et Cablebot + piquets connectés)
- Développer des méthodes (protocoles et algorithmes) communes et génériques aux cultures en rang



Transfert d'expérience
Vigne → Arbres fruitiers

Déploiement vigne
Colmar => Bordeaux
et Pech-Rouge



DRONE RGB



LITERAL



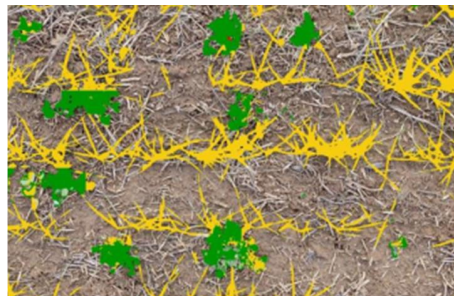
CABLEBOT

- Caractériser les couverts multi-espèces

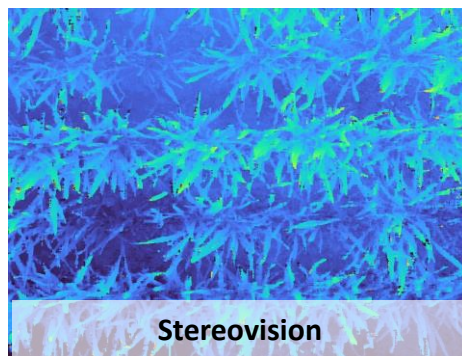


- Automatiser la détection et le comptage d'insectes ravageurs au champ en vue de la réduction des pesticides

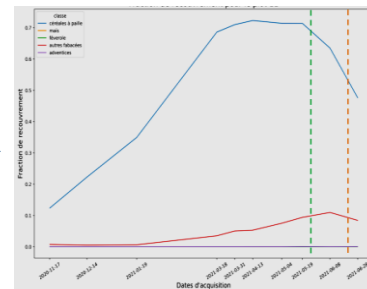
Ex mélange blé-féverole



DL Detection + Segmentation



Stereovision



Colza
altises et charançon

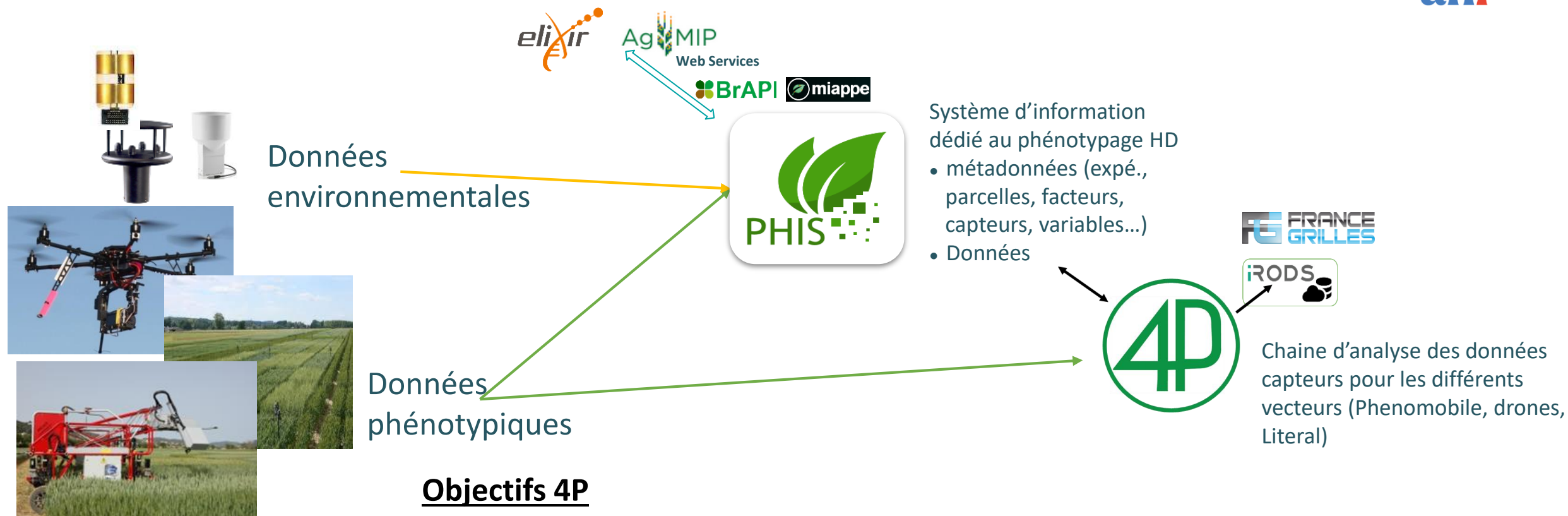


Cuvette connectée
au champ



Reconnaissance
de larves au labo

Etendre la puissance des services numériques face à la diversité accrue de sources de données de phénotypage et d'envirotypage



Objectifs 4P

- *Etendre aux nouveaux vecteurs et nouveaux contextes*
- *Intégrer les modules de traitement de nouveaux traits*

Objectifs PHIS (FAIR)

- *Organiser et stocker données et méta-données ; Harmoniser (ontologies)*
- *Identifier les variables selon des normes (MIAPPE, BrAPI)*
- *Connecter à d'autres SI (ELIXIR, AGMIP-ICASA), web-services et distribution sur EGI*



**Call : Next generation of scientific instrumentation, tools and methods
(HORIZON-INFRA-2022-TECH-01)**

2023-2027

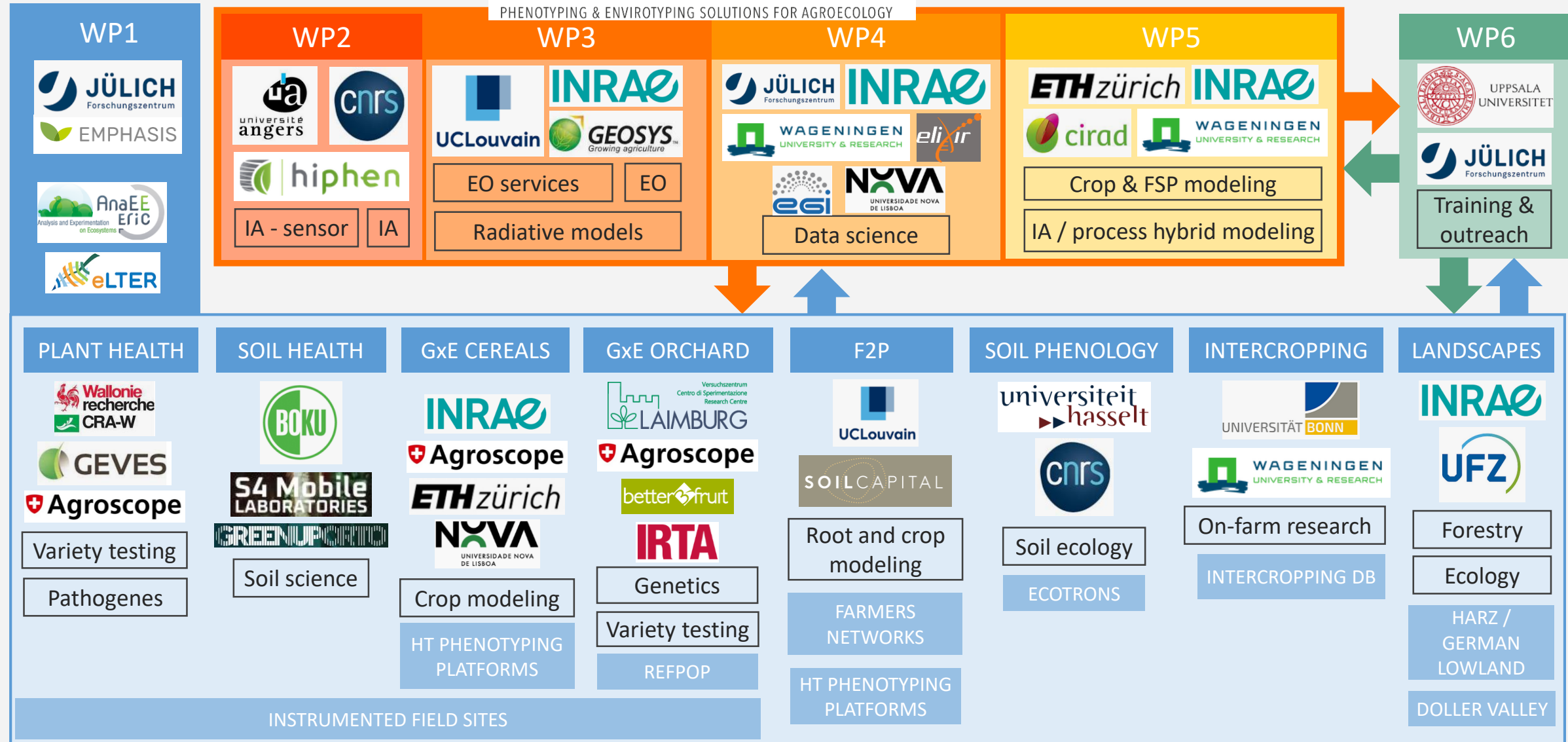
Les limites de nos installations de phénotypage

- ✓ Données basées sur un **nombre limité de sites** qui ne couvrent pas la diversité des agroécosystèmes et des environnements
- ✓ Les **données produites sont encore sous-utilisées**, insuffisamment connectées et mal interfacées avec les modèles prédictifs

Le **big data** peut profondément modifier l'envirotypage et le phénotypage

- ✓ Grâce à des **réseaux de capteurs autonomes**, à faible coût et à faible consommation d'énergie, ainsi qu'à une **nouvelle génération d'imagerie satellite** à haute résolution => données plantes, sols, environnement dans des milliers de sites
- ✓ Grâce aux principes FAIR, au web sémantique, aux technologies de l'IoT, à l'IA, => organiser les données et les injecter dans des modèles prédictifs

PHENOTYPING & ENVIROTYPING SOLUTIONS FOR AGROECOLOGY



Integrate observations at 4 scales:

1. HTPP in controlled conditions

2 experiments
30-40 cultivars
Well defined water deficit scenarios



Detailed characterization water deficit related traits

2. HTPP in field conditions

2-year experiments
30-40 cultivars

10 RI / variety testing sites equipped with HTPP:

- 1 FPI site (ETH)
- 1 GreenIT site (NOVA)
- 3 PHENOME sites (INRAE)



Phenotyping under water and N deficit scenarios

3. Satellite on RI

2-year experiments
30-40 cultivars
plots of 15 x 15 m

20 RI / variety testing sites not equipped with HTPP:

- 6 or 5 in FR
- 4 or 3 in PT
- + 2 or 1 in CH



Validation of satellite traits monitoring for HTPP
Satellite + *in situ* observations

4. Satellite on Farmers' Fields

2-year on-farm-experiments
6 cultivars (2 common to all exp.)

35 Farmers' fields monitored by satellite:

- 5 or 6 in FR
- 3 or 4 in PT
- 1 or 2 in CH

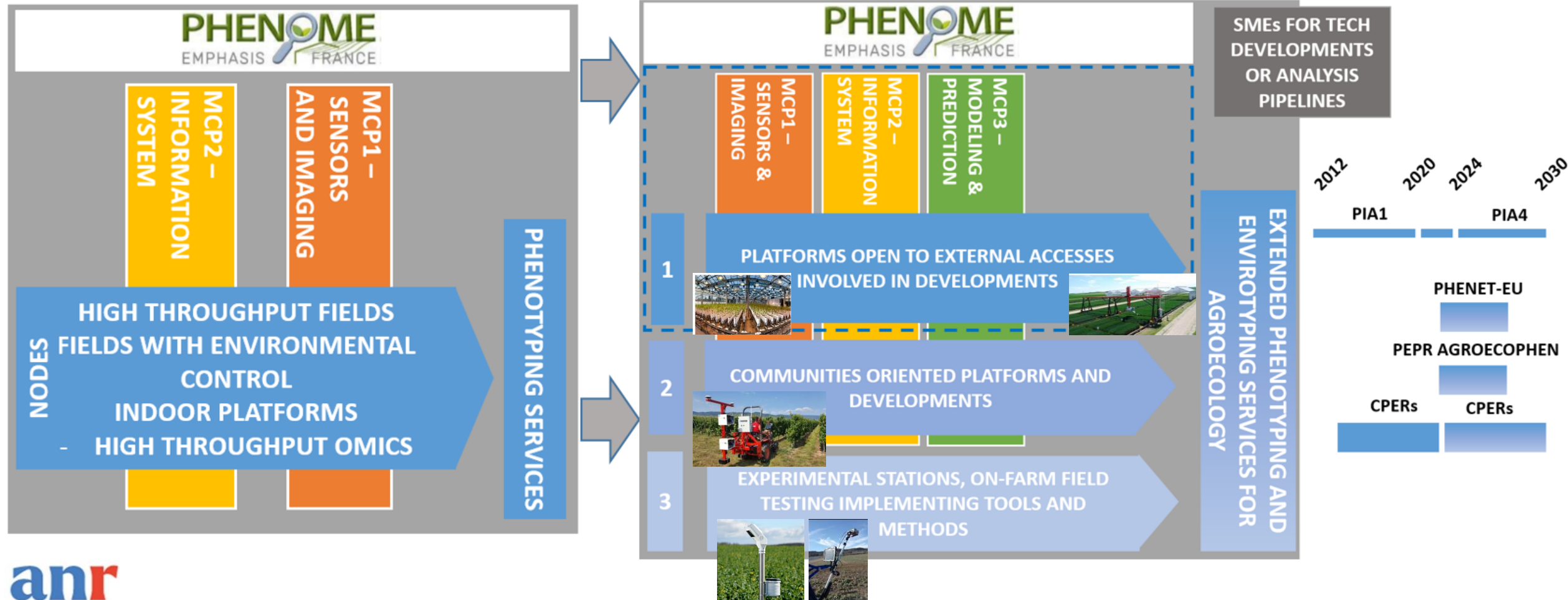


Evaluation the contribution of distributed on-farm networks of fields for GxE

PHENOME 2030 – Accompagner par des projets le passage d'un projet à une infrastructure

2012-2022

2023-2030



**La demande de phénotypage dans les domaines des semences et des
agrofouritures**

Jeudi 13 avril 2023 / 10h00-17h00
INRAE 147 rue de l'université, PARIS

9h30-10h00 : Accueil des participants - café

Présentations des avancées du projet PHENOME-EMPHASIS

10h00-10h20 : PHENOME-EMPHASIS : Une infrastructure nationale distribuée portée par des projets nationaux et européens

Jacques le Gouis, Bertrand Muller, INRAE

10h20-10h50 : Avancées méthodologiques - Systèmes d'acquisition et chaînes d'analyses d'images

Marie Weiss, INRAE, David Rousseau, Université Angers

10h50-11h10 : Pause-café

11h10-11h40 : Avancées méthodologiques - Systèmes d'information et analyses de données

Isabelle Alic, Cyril Pommier, Pascal Neveu, INRAE

11h40-12h40 : Présentations de cas d'usage

Jean-Eudes Hollebecq, TERRES INOVIA, Benoit de Solan, ARVALIS, David Rousseau, Université Angers

12h40-13h00 : Discussion générale sur l'infrastructure



anr
agence nationale
de la recherche
AU SERVICE DE LA SCIENCE

ANR11-INBS-0012

INRAE **ARVALIS**

**Terres
Inovia**
l'agronomie en mouvement

Merci de votre attention



Éléments de discussion

- (i) Quels sont les thèmes en lien avec votre activité et vos projets dans lesquels le phénotypage HD a toute sa place ?
- (ii) Quels sont selon vous les goulets d'étranglement dans le phénotypage à HD ?
- (iii) Quelles sont vos attentes vis-à-vis de PHENOME
 - accès à des conditions environnementales bien maîtrisées
 - mesure de traits spécifiques
 - inciter des développements méthodologiques
 - faire du réseautage / prendre de l'information
- (i) Quels leviers partenariaux utilisez-vous classiquement avec le monde académique et pourquoi ... prestation de service, prestation de recherche, collab, CIFRE, etc...

À venir : un bref **QUESTIONNAIRE** (envoyé 10 mai, retour attendu 10 juin) pour éclairer vos attentes vis-à-vis (i) du phénotypage et (ii) de PHENOME-EMPHASIS

Que retient-on de la journée ?

- Message(s)
- Question(s) en suspend

Questions

Lien recherche publique

Cond contrôlées vs champ

Contextes : Agroécologie (mixtures, haies, insectes...) / Ch climatique (stress extrêmes...).

Messages

ROI (c'est possible...)

Humains (acceptation par les équipes)

Training (intérêt à assister)

Qu'est-ce qu'est un ground truth ?