



PROGRAMME
DE RECHERCHE
AGROÉCOLOGIE
ET NUMÉRIQUE

Agroécologie et Numérique

Données, agroéquipements et ressources génétiques au service de la transition agroécologique et de l'adaptation aux aléas climatiques.





TreeD-RESIST : Phénotypage 3D et modélisation basés sur l'IA pour prédire l'immunité et la résilience des vergers agroécologiques

Alexandre DEGRAVE (L'Institut Agro, co-lead WP3)

David ROUSSEAU (Université d'Angers, lead WP4)

Émile FAYE (CIRAD, scientific coordinator, co-lead WP2)

Estefania CARRILLO PERDOMO (INRAE, scientific coordinator, co-lead WP3)



TreeD-RESIST

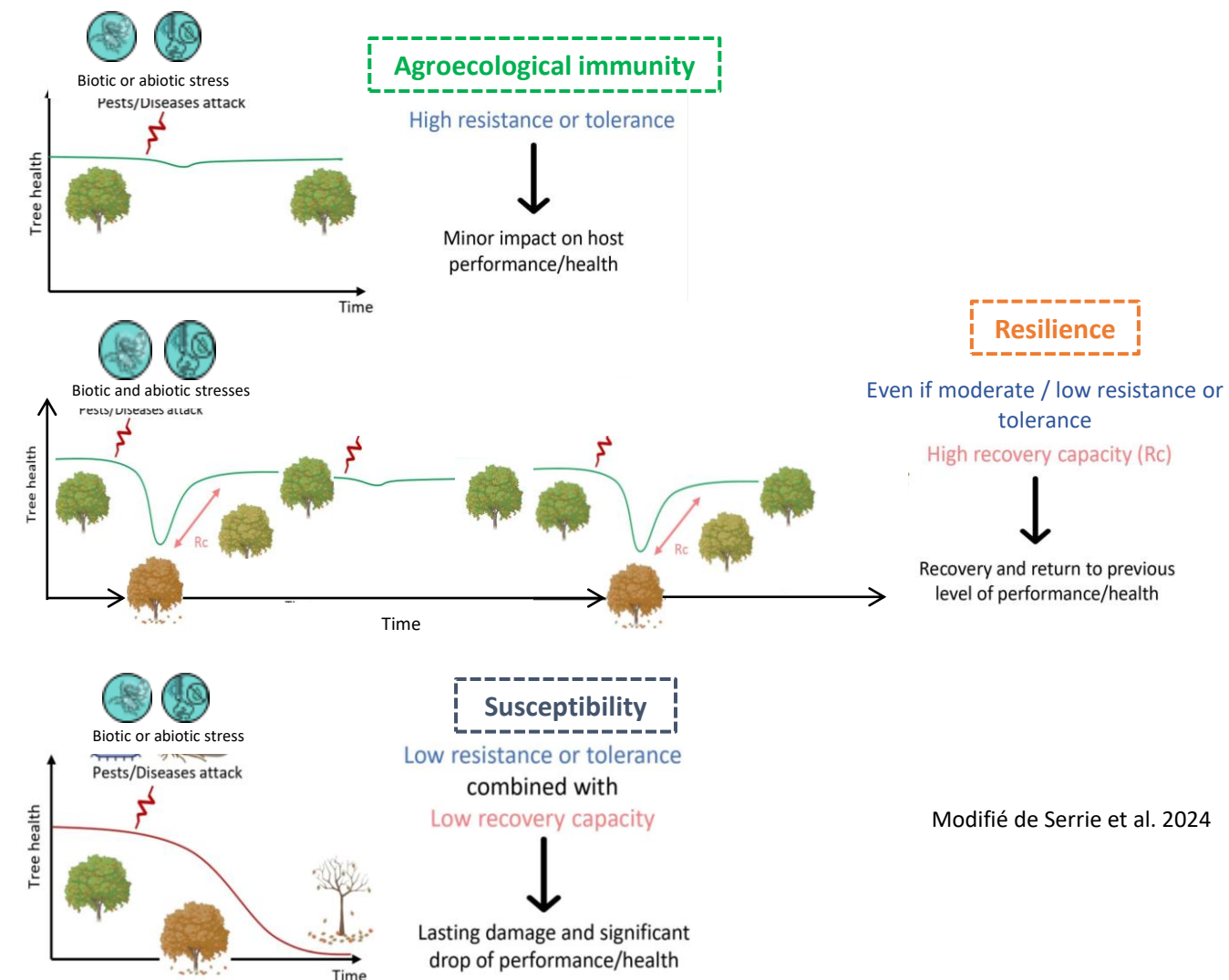
- TreeD-RESIST a pour objectif de **capturer les traits dynamiques liés aux réponses aux stress et à la capacité d'adaptation**

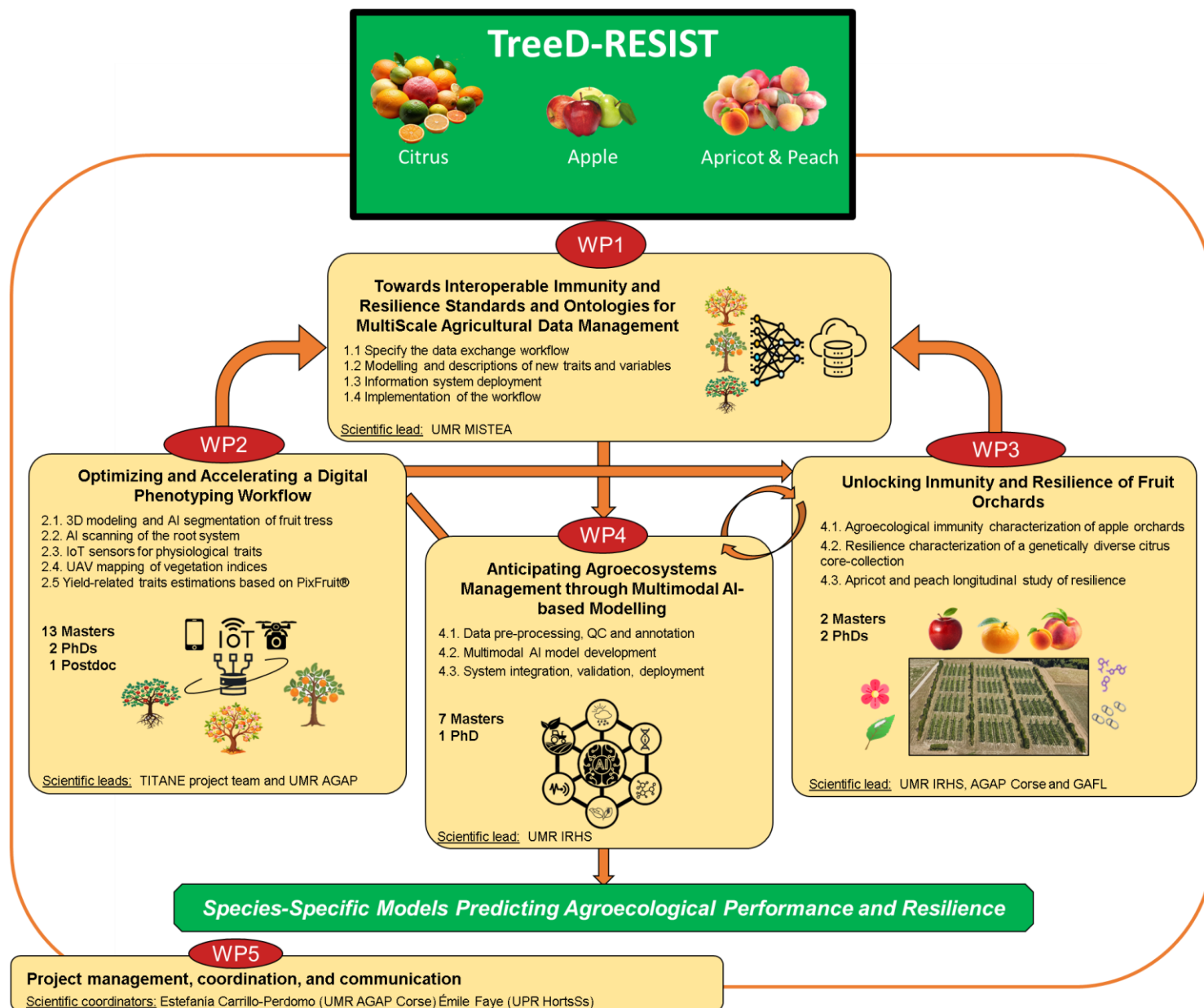


Concevoir, développer et gérer des systèmes arboricoles durables, alliant performance et fonctionnalité agroécologique

- En se concentrant sur l'**abricotier**, les **agrumes**, le **pêcher**, et le **pommier**, TreeD-RESIST relève un défi majeur :

Quantifier et prédire l'immunité et la résilience des arbres fruitiers





Objectifs scientifiques :

1. Établir des standards de données et des ontologies pour harmoniser les jeux de données entre espèces et dispositifs (WP1)
2. Développer un workflow de phénotypage digital pour extraire des traits architecturaux et physiologiques (WP2)
3. Caractériser l'immunité et la résilience dans des vergers expérimentaux dédiés à l'évaluation des ressources génétiques et des pratiques de gestion agroécologiques (WP3)
4. Relier la diversité génétique, les pratiques de gestion et les conditions environnementales aux performances phénotypiques en employant la modélisation multimodale par IA (WP4)

WP1 : vers des standards et des ontologies interopérables en matière d'immunité et de résilience pour la gestion des données agricoles à plusieurs échelles

***Objectif :** fournir les bases d'une gestion des données harmonisée, intégrée, transparente et réutilisable*

- Forte **hétérogénéité** des jeux de **données multimodales et multisources**, liée à la diversité de vocabulaires, protocoles d'acquisition et échelles
- Nous mettrons en place un **système d'information** basée sur la suite logicielle **OpenSILEX**, qui s'appuiera sur :
 1. Des **services interopérables** et une **gestion de données** conformes aux principes **FAIR**
 2. Le **développement d'ontologies de traits standardisées** spécifiques aux espèces
 3. La conception de **workflows intéropérables** avec les autres WPs du projet
- Les données générées par le WP3 serviront de fondement pour affiner et valider ces standards et ontologies, en particulier pour les traits et indicateurs liés à l'immunité et à la résilience (WP1 +WP4)



Le WP1 permettra :

- ✓ **L'échange de données** entre les **plateformes de phénotypage**, les **unités expérimentales** et les **outils de modélisation**
- ✓ La **création et la réutilisation d'ontologies** pour stocker et échanger des métadonnées cohérentes tout au long du projet

Objectif : Déployer un système numérique intégré pour acquérir des traits architecturaux et physiologiques d'arbres fruitiers à haute résolution spatiotemporelle

- **Approches dynamiques, multi-compartiments et multi-échelles** : du rameau aux racines, à l'arbre, et au verger, pour suivre la plasticité fonctionnelle face aux stress biotiques et abiotiques
- Phénotypage numérique: coûteux, lourds et peu scalables
- **L'ambition du WP2** est de dépasser les descripteurs conventionnels pour générer une vision globale et dynamique du fonctionnement des arbres fruitiers en réponse au stress.

WP2

Optimizing and Accelerating a Digital Phenotyping Workflow

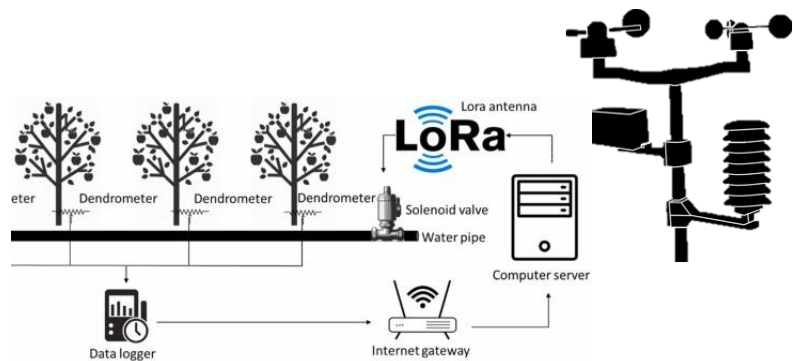
- 2.1. 3D modeling and AI segmentation of fruit tress
- 2.2. AI scanning of the root system
- 2.3. IoT sensors for physiological traits
- 2.4. UAV mapping of vegetation indices
- 2.5 Yield-related traits estimations based on PixFruit®

13 Masters
2 PhDs
1 Postdoc



Scientific leads: TITANE project team and UMR AGAP

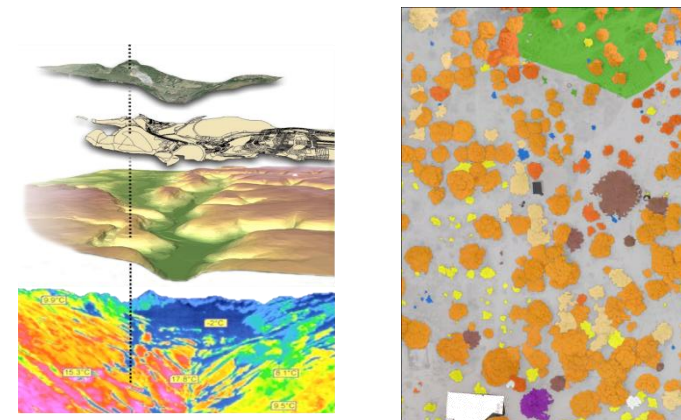
4 IOT climate & physio sensors



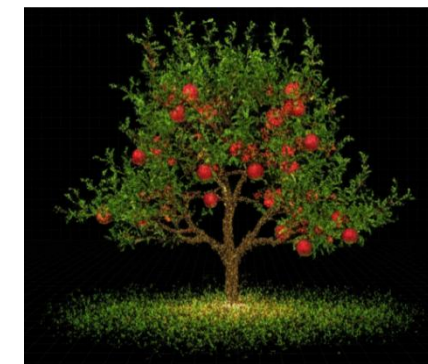
6 Yield estimates



5 UAV land use, phenology & proxydetection



2 SAM 3D segmentation



WP3 : Découvrir l'immunité et la résilience des vergers



Objectif : *générer les données de référence qui alimentent et valident l'ensemble de la chaîne méthodologique du projet*

- Les **vergers expérimentaux sous conduite agroécologique** constituent le **maillon essentiel** de l'évaluation de la **performance** des génotypes et des **itinéraires techniques** car :
 - Ils fournissent le **socle expérimental pour le développement des standards de données** (WP1) et des **indicateurs** (WP1 et WP4)
 - Ils représentent le terrain de **validation des approches de phénotypage** (WP2) et de **modélisation** (WP2 et WP4)
- Le **WP3 permettra** :
 - ✓ **Caractériser les réponses végétales aux stress et à la conduite du verger**

WP3 : Découvrir l'immunité et la résilience des vergers

Dispositifs expérimentaux :

1 core-collection pommier

Mauguio : Diascope Experimental Unit (43°36'N, 3°58'E, 10m a.s.l.)
• Apple tree French core collection (Lassois et al., 2015)
• 241 genotypes x 4 replicates (same M9 rootstock)



Mediterranean climate (dry summer)
Soil : limited water holding capacity:
irrigation withdrawal → water stress

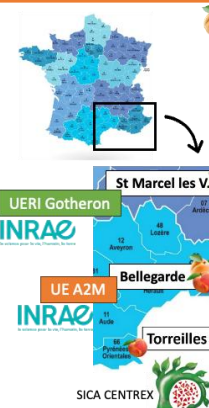
- Plot 1.2 ha
- 10 rows (ca. 200m)
- Plantation spring 2014
- Micro-irrigation, individual emitters
- Row weeding ; grassed inter-rows
- No pruning, fruitlet thinning,
- Conventional spraying
- 5x2m spacing, compatible with architecture characterization

Micrometeorology:
Global & PAR radiation,
Air temperature & RH,
Wind speed & direction

Soil water status:
Sentek capacitive probes (0-90cm)
+Tensiometers (-30 and -60cm)
For 14 tree locations

- 2 different water regimes during summer
- WW = well irrigated
 - WD = water deficit
 - WW / WD trees, facing each other (2 pairs)

7 core-collections Prunus



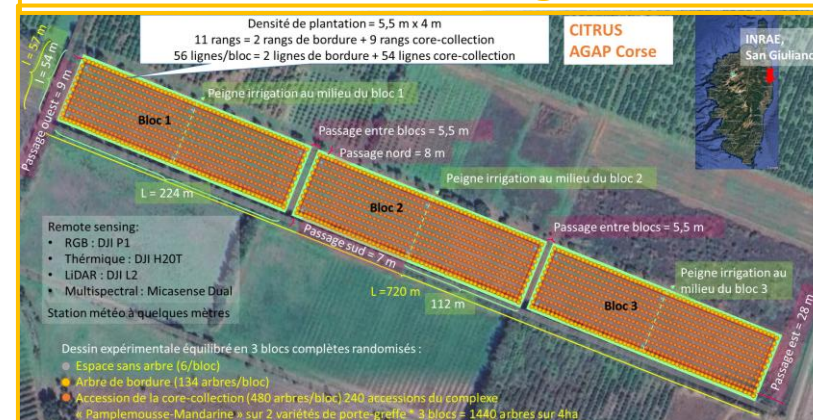
Cultivated apricot core-collection
150 accessions, resequenced
3 to 5 randomized blocks
Low to zero phytosanitary protection
Phenology, diseases, vigor, fruit quality (M. Nsibi thesis) and yield components + periodic drone flights (RGB, LiDAR, hyperspectral) + terrestrial LiDAR + NIRs on leaves and fruits

+ Some LITERAL (RGB) pictures on peach and apricot whole trees during flowering and vegetative periods

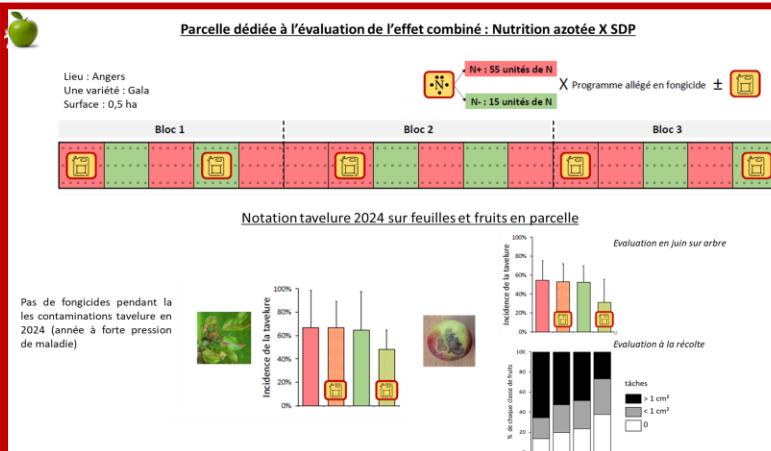
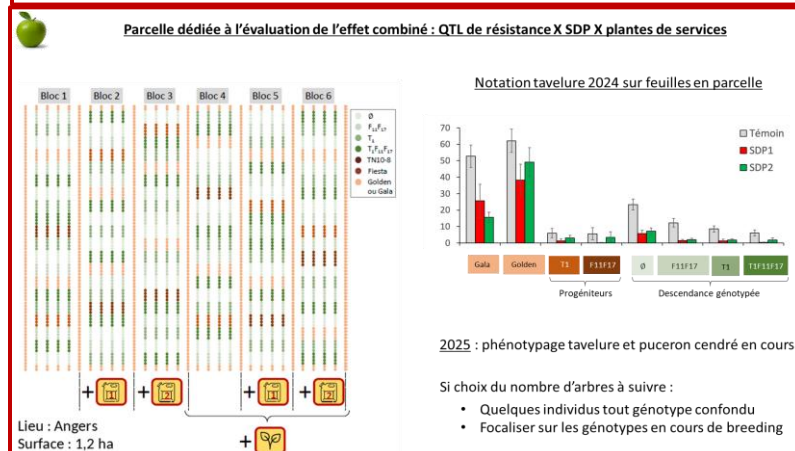
Wild apricot core-collection (*P. armeniaca*, *sibirica*, *mandshurica*, *mume*)
123 accessions, sequenced
3 randomized blocks
Low phytosanitary protection
Phenology, diseases, vigor and yield components + periodic drone flights (RGB, LiDAR) + NIRs on leaves and (partly) fruits + RGB pictures of detached fruits and leaves (ongoing)

Peach core-collection (mainly cultivated + some wild and hybrid cultivated x wild accessions) - *P. persica*, *kansuensis*, *mira* and *dauidiana*
230 accessions, 16k SNP array
2 randomized blocks (except Avignon, 1 block)
Low to zero phytosanitary protection
Phenology, diseases, vigor, yield components + periodic drone flights (RGB, LiDAR) + a total of 28 dendrometers + NIRs on leaves

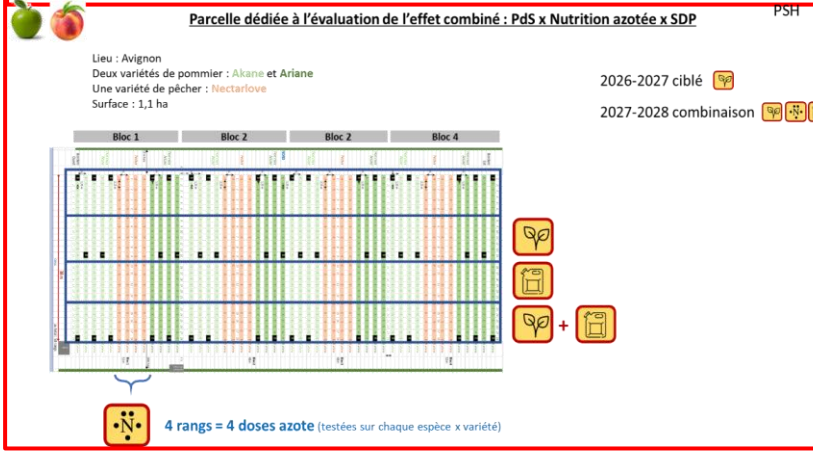
1 core-collection agrumes



2 essais agronomiques pommier



1 essai agronomique pommier-pêcher



WP3 : Découvrir l'immunité et la résilience des vergers

- Les traits spécifiques à phénotyper varieront en fonction de la question scientifique à laquelle chaque culture et chaque essai expérimental cherche à répondre

Remote sensing	Digital tools	Manual rating	Lab analysis	Traits to be acquired	Citrus	Apricot and peach	Apple
IOT				Envirotyping	x	x	x
				Soil moisture	x		x
				Root system evaluation			x
				Stem growth rate	x	x	x
				Canopy architecture	x	x	x
				Flowering parameters	x	x	x
				Fruit yield/tree	x	x	x
				Fruit parameters (size, shape, color, juice content...)	x	x	x
				Disease impact	x	x	x
				Insect impact	x	x	x
				Companion plant parameters			x
				Fruit sugar content	x	x	x
				Fruit titrable acidity	x	x	x
				Leaf untargeted metabolomic	x		x
				Fruit untargeted metabolomic	x		x
				Soil physical and chemical parameters	x		x
				Root and leave microbiome analysis	x	x	
				Ascorbic acid at harvest	x		

WP4 : Anticiper la gestion des agroécosystèmes grâce à la modélisation multimodale basée sur l'IA



Objectif : Représenter le fonctionnement des plantes et la dynamique du verger d'une manière robuste, évolutive et intégrée

- En **combinant des données longitudinales visuelles** (imagerie RGB et 3D), **spectrales** (multibande et thermique), **environnementales** (microclimat, sol), **génomiques**, **métabolomiques** et **agronomiques**, nous **construirons** une **représentation** du **système arbre-verger** afin de :
 1. **Identifier les déterminants clés de la résilience** face aux stress biotiques et abiotiques
 2. **Caractériser la coordination entre croissance, défense et allocation des ressources**
 3. **Décrire la dynamique d'adaptation** des arbres dans un environnement changeant
- **Le WP4 permettra :**
 - ✓ Mieux **comprendre les mécanismes d'immunité et de plasticité fonctionnelle à l'origine de la résilience des vergers**

WP4 : Anticiper la gestion des agroécosystèmes grâce à la modélisation multimodale basée sur l'IA

1. Nous construirons les **architectures d'apprentissage automatique** et **exp rimerons** différentes **stratégies de fusion multimodale** pour :

- ✓ **Détecter précocement les stress**, à travers le développement de **modèles** basés sur des réseaux de neurones convolutifs (**CNN**)
- ✓ **Prédire la résilience**, en **exploitant** des **modèles** temporels (**RNN, LSTM**) capables de simuler la dynamique de récupération des vergers après un stress

2. Nous **intégrerons** les **modèles** développés dans un **système opérationnel** combinant : **bases de données, modèles d'IA et interface de visualisation**, dans une **plateforme web** permettant de **consulter, interroger et exploiter les résultats**

3. Nous mènerons des **tests** en conditions réelles **permettant de valider la performance, la robustesse et la valeur d'usage** par les publics cibles : producteurs, sélectionneurs et techniciens agricoles

WP4

Anticipating Agroecosystems Management through Multimodal AI-based Modelling

- 4.1. Data pre-processing, QC and annotation
- 4.2. Multimodal AI model development
- 4.3. System integration, validation, deployment

7 Masters
1 PhD



Scientific lead: UMR IRHS

Résultats attendus : *accélérer la transition agroécologique en développant des outils innovants de phénotypage et de modélisation*



Recherche & Développement

1. Ensembles de données en libre accès + ontologies conformes aux principes FAIR - WP1
2. Modèles prédictifs multimodaux de détection précoce du stress et de résilience - WP4



Sélectionneurs & techniciens agricoles

3. Workflow de phénotypage numérique (pipelines de données validés, RGB/XS 3D, UAV XS/TIR, capteurs IoT, scan des racines) - WP2, validé dans WP3
4. Protocoles et procédures opérationnelles standards pour l'acquisition sur le terrain (séquences RVB, vols de drones, placement des capteurs) et étalonnage/validation (par rapport à la réalité du terrain) - WP2, validé dans WP3



Chefs d'exploitation & Producteurs

5. Nouveaux indicateurs de résilience et d'immunité (e.g. temps de récupération, stabilité des rendements) et définitions des caractéristiques pouvant alimenter les règles de décision agricole et le choix des variétés - WP3
6. Outil d'estimation du rendement PixFruit® calibré pour les pommiers, les agrumes et les prunus + indicateurs de qualité des fruits - WP2 + WP3
7. Catalogue interactif de variétés + outil de requête et d'aide à la décisions en ligne pour soutenir la diversification variétale et l'agroécologie - WP4
8. Programme de formation et de diffusion (vergers de démonstration, webinaires, modules de formation) pour faciliter l'adoption par les producteurs, les instituts techniques et les coopératives - WP5



TreeD-RESIST

vous remercie de votre attention



PROGRAMME
DE RECHERCHE
AGROÉCOLOGIE
ET NUMÉRIQUE

Agroécologie et Numérique

Retrouvez toutes nos actualités

pepr-agroeconum.fr



Contactez-nous



equipe@pepr-agroeconum.fr

