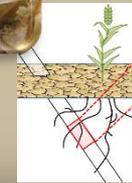


ARVALIS  
Institut du végétal



# PHENOME

Réunion d'échanges avec les acteurs du phénotypage  
numérique

**Introduction à la session de présentations des sociétés**

**ARVALIS**  
Institut du végétal

*Paris, 05 avril 2022*

**JP COHAN et coll.**



# Le phénotypage numérique

## Pourquoi et comment ?

### Pourquoi ?

- Optimiser nos méthodes expérimentales
- Accélérer les processus de R&D
- Développer des partenariats avec les acteurs de la R&D publiques et privées

### Comment ?

- Construire des partenariats forts avec la recherche publique et des sociétés technologiques
- Développer nos propres outils intégrés dans des réseaux partenariaux
- Constituer une équipe multidisciplinaire (technologies capteurs, analyses de données...)
- Développer des méthodes originales : contrôle et calibration de capteurs, analyses et interprétations des données capteurs à des fins agronomiques

#### **Applications initiales centrée sur la génétique (GWAS...)**

**2014:** ouverture progressive vers d'autres thématiques

**Actuellement,** applications multithématiques:

- Génétique
- Ecophysiologie, calage de modèles de culture
- Evaluation variétale
- Evaluation d'intrants...



# Une progression le long de la chaîne d'innovation

Avant  
2010

1<sup>er</sup> tests d'outils

Depuis  
2010

## Conception d'outils

- Capteurs sur étagère
- Innovation sur les vecteurs
- Partenariats recherches
- Partenariats industriels

PhénoBlé

Depuis  
2013

## Conception de chaîne de traitement

- Algorithmes
- SI « massifié » associé
- Partenariats recherches
- Partenariats industriels

Depuis  
2018

## Conception de capteurs

- Fibres optiques
- Durcissement
- Partenariats industriels



# Les sites ARVALIS dédiés



ARVALIS  
Institut du végétal

INSTITUT CARNOT  
Plant2Pro

interreg  
2 Seas Mers Zeeën  
INNO-VEG

Villers St Christophe  
ALPHI®  
Test numérisation process expé

PHOTONICS  
BRETAGNE  
Photonics Innovation Hub

ARVALIS  
Institut du végétal



Lannion  
Laboratoire de photonique  
et méga-mobile  
Conception capteurs



ARVALIS  
Institut du végétal  
PHENOME  
EMPHASIS FRANCE

Ouzouer le marché  
PhenoField®  
Conception outils, test capteurs  
Maintenance outils

CAPTE

ARVALIS  
Institut du végétal

INRAE

Avignon  
Chaines de traitement  
Conception outil, test capteurs



Montardon  
PHE-B



ARVALIS  
Institut du végétal

INSTITUT CARNOT  
Plant2Pro

Gréoux Les Bains  
Phénomobile®

ARVALIS  
Institut du végétal





# La numérisation progressive de toutes les stations expérimentales

Situation en 2021



Perche légère de phénotypage  
LITERAL  
Projet CASDAR

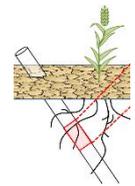


DRONE-EXPE



Imageur épi KMScan

ARVALIS  
Institut du végétal



MINIRHIZ  
INSTITUT GARNOT  
Plant2Pro

Images satellite pour le phénotypage: en cours de réflexion

**Stratégie interne ARVALIS**  
Numérisation de l'ensemble du processus d'acquisition de références au champ d'ici 2025



# Quelques messages pour engager les discussions sur les collaborations

- 1 L'indispensable étape de validation des variables
- 2 De nouvelles formes de collaboration sur l'algorithmique
- 3 Il n'y a pas que les céréales et le maïs...
- 4 Vers une évaluation des couverts complexes
- 5 Vers une évaluation des stress biotiques
- 6 Le défi du phénotypage racinaire
- 7 Le défi de l'industrialisation



# 1 - Validation des variables capteurs

## Exemple du tableau céréales à pailles

Date de mise à jour : juin 2021							
	Production (routine) 2021						
	Développement ou phase de validation 2021 (routine 2022)						
	Recherche (POC) 2021						
	A priori faisable						
	A priori impossible						
	ajout sur demande						
Species	Description_Fr	Unit	PHENOMOBILES	DRONE RGB	DRONE MULTISPECTRAL	LITERAL RGB	MINIRHIZOTRON
Wheat	Indice foliaire vert	Unitless					
Wheat	Angle foliaire moyen	deg					
Wheat	Hauteur	m					
Wheat	Fraction de couverture verte totale	Unitless [0:1]					
Wheat	Fraction de couverture totale de la culture	Unitless [0:1]					
Wheat	Fraction de verte des épis	Unitless [0:1]					
Wheat	Fraction de rayonnement intercepté par la culture	Unitless [0:1]					
Wheat	Densité d'épis	units/m <sup>2</sup>					
Wheat	Densité de plantes	units/m <sup>2</sup>					
Wheat	Indice de végétation						
Wheat	Indice de végétation	Unitless					
Wheat	Indice de végétation	Unitless					
Wheat	Indice de végétation	Unitless					
Wheat	Teneur foliaire en chlorophylle	microgram of Chl/cm <sup>2</sup> of leaf					
Wheat	Contenu de la culture en chlorophylle	g of Chl/m <sup>2</sup> at the ground level					
Wheat	Indice de verse	Unitless [0:1]					
Wheat	Fraction de sénescence de la culture	Unitless [0:1]					
Wheat	Notation globale de maladie	Unitless [0:1]					
Wheat	Stades de croissance	Zadoks scale					
Wheat	Epi 1 cm	Zadoks scale					
Wheat	Epiaison	Zadoks scale					
Wheat	Floraison	Zadoks scale					
Wheat	Profondeur d'enracinement maximum	m					
Wheat	Densité racinaire	Unitless [0:1]					
All	Hétérogénéité des parcelles d'expérimentation (à partir du sol ou de la végétation)						



# 2 - Nvelles formes de collaboration



## Global WHEAT Dataset

- Base de donnée de 5000 images
- 9 instituts de recherches
- 7 Pays

Cet effort a permis de multiplier par 5 la data disponible pour nos développements, et de la standardiser à l'échelle internationale



Research Code Competition

### Global Wheat Detection

Can you help identify wheat heads using image analysis?

\$15,000  
Prize Money

University of Saskatchewan · 1,860 teams · 16 days to go (9 days to go until merger deadline)

Overview Data Notebooks Discussion Leaderboard Rules Team Host My Submissions [Submit Predictions](#)

Overview [Edit](#)

**Description**

Open up your pantry and you're likely to find several wheat products. Indeed, your morning toast or cereal may rely upon this common grain. Its popularity as a food and crop makes wheat widely studied. To get large and accurate data about wheat fields worldwide, plant scientists use image detection of "wheat heads"—spikes atop the plant containing grain. These images are used to estimate the density and size of wheat heads in different varieties. Farmers can use the data to assess health and maturity when making management decisions in their fields.

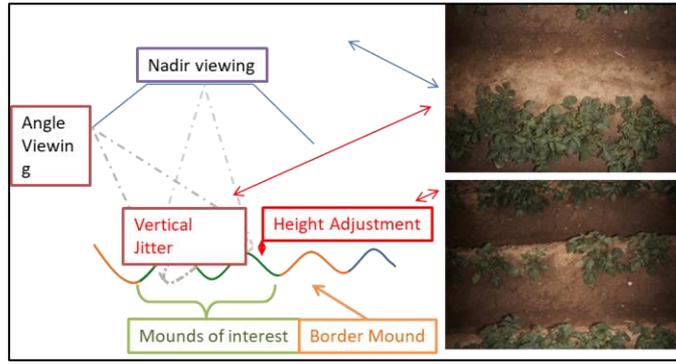
However, accurate wheat head detection in outdoor field images can be visually challenging. There is often overlap of dense wheat plants, and the wind can blur the photographs. Both make it difficult to identify single heads. Additionally, appearances vary due to maturity, color, genotype, and head orientation. Finally, because wheat is grown worldwide, different varieties, planting densities, patterns, and field conditions must be considered. Models developed for wheat phenotyping need to generalize between different growing environments. Current detection methods involve one- and two-stage detectors (Yolo-v3 and Faster-RCNN), but even when trained with a large dataset, a bias to the training region remains.

- 1860 participants
- Les 3 meilleurs modèles seront accessibles et réutilisables pour nos besoins

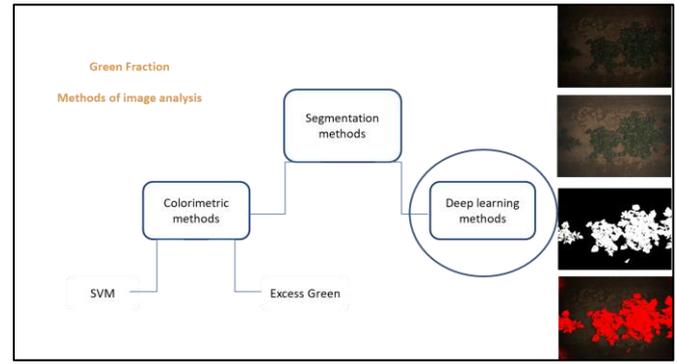


# 3 – Il n’y a pas que les céréales et le maïs...

**Interreg** **2 Seas Mers Zeeën**  
**INNO-VEG**  
European Regional Development Fund



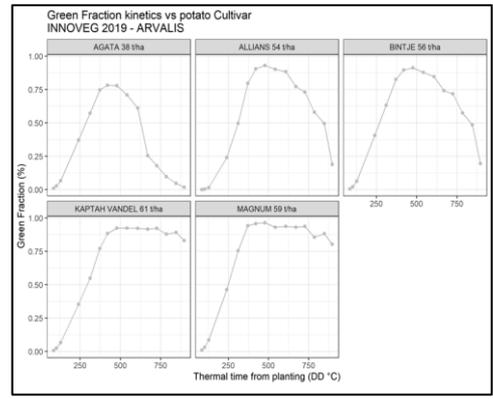
**Adaptation aux spécificités d'une culture en butte à large inter-rang**



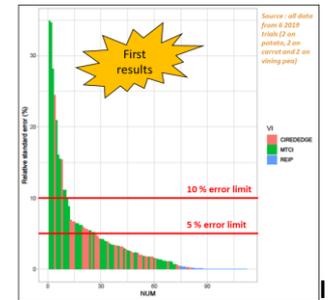
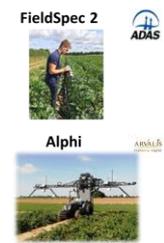
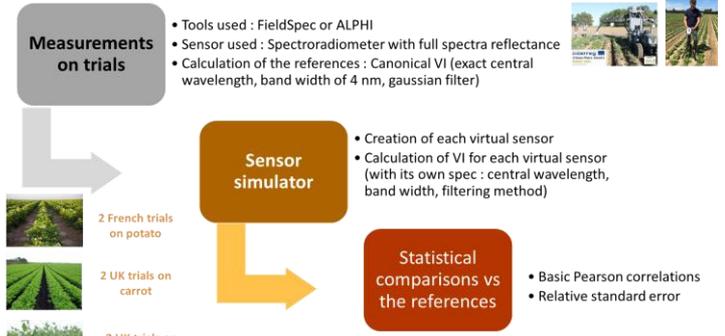
**Développement d'algorithme de traitements d'images spécifiques**



**Adaptation et évaluation d'outils au champ**



## Inter-comparaisons d'outils/capteurs





# 4 – Vers une évaluation des couverts complexes

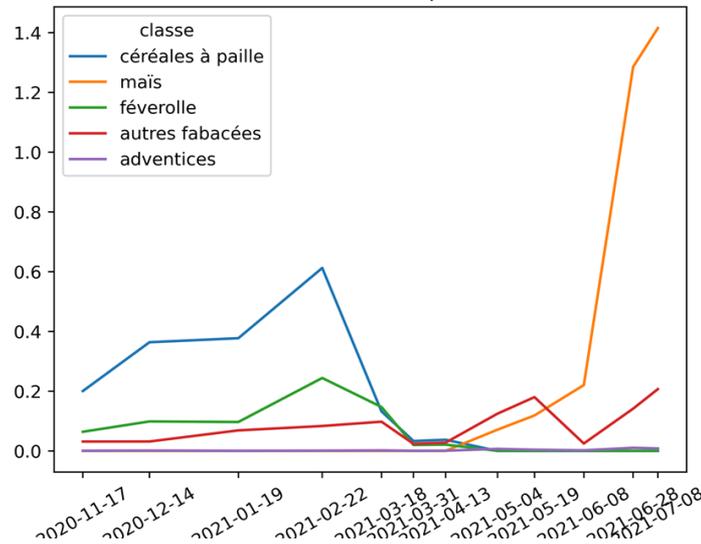
**Enjeu:** accélération des processus de R&D sur des techniques à la base de la transition agroécologique



Données internes ARVALIS & projet REMIX INRAE



LAI evaluation on plot 25



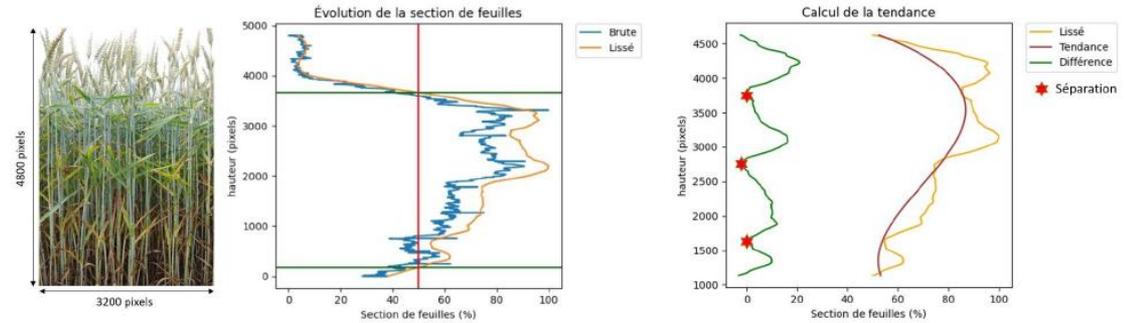


# 5 – Vers une évaluation des stress biotiques

## Développement d'un vecteur spécifique



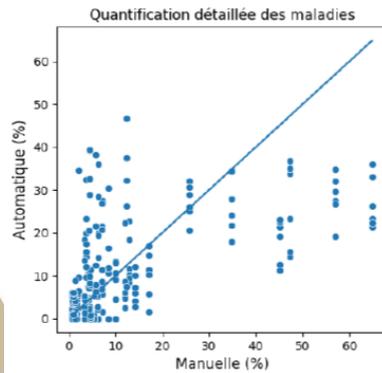
## Identification des étages foliaires



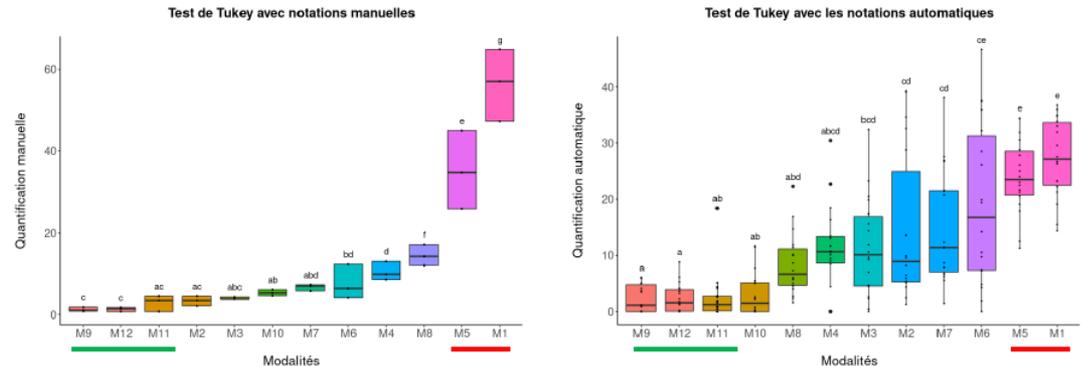
Exclusion des sections inintéressantes

Identification des étages foliaires

## Performance brute



## Performance de classement des modalités





# 6 – Le défi du phénotypage racinaire

## Minirhizotron method

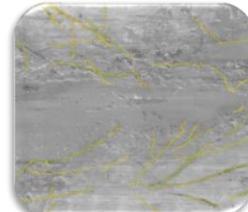
How it works ?



Laying tubes



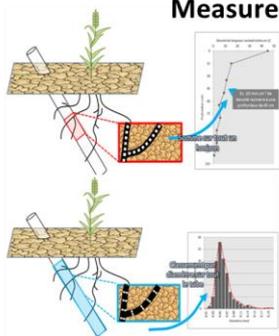
Sampling pictures  
(CI-600 de CID Inc., 2017)



Classified image process (ADMIRAL  
Software)

FsoV  
POSTIC et al. 2019  
TRL 6

## Measurements

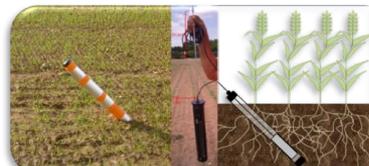
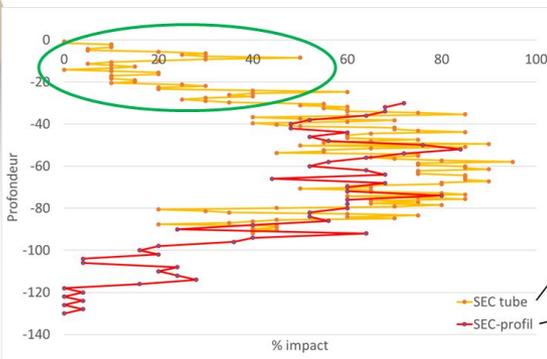


Length of roots present by unit of soil volume, by soil depth

Average diameter of individual roots, supposed to be cylinders, by soil depth

Distribution of average root diameters observed over the entire rooting depth

- ✓ Roots depth
- ✓ Potential to absorb water and nutrients from the soil
- ✓ Potential for growth
- ✓ Plasticity on water stress regulation
- ✓ Plasticity of roots to water stress or low fertilizer



## Les 3 défis du phénotypage racinaire

- Atteindre le moyen débit au champ pour des traits morphologiques sur tous les horizons
- Valider des passerelles champ / CE
- Ouvrir vers les interactions avec le microbiome rhizosphérique -> vers un « phénotype étendu » du système racinaire

2020 trial in Gréoux – Durum Wheat – Water stressed treatments



# 7 – le défi de l'industrialisation



**Perche légère de phénotypage**

LITERAL

Projet CASDAR

**Concept**

**Prototype**

**Présérie**

**Et après ?**



**Merci pour votre attention**