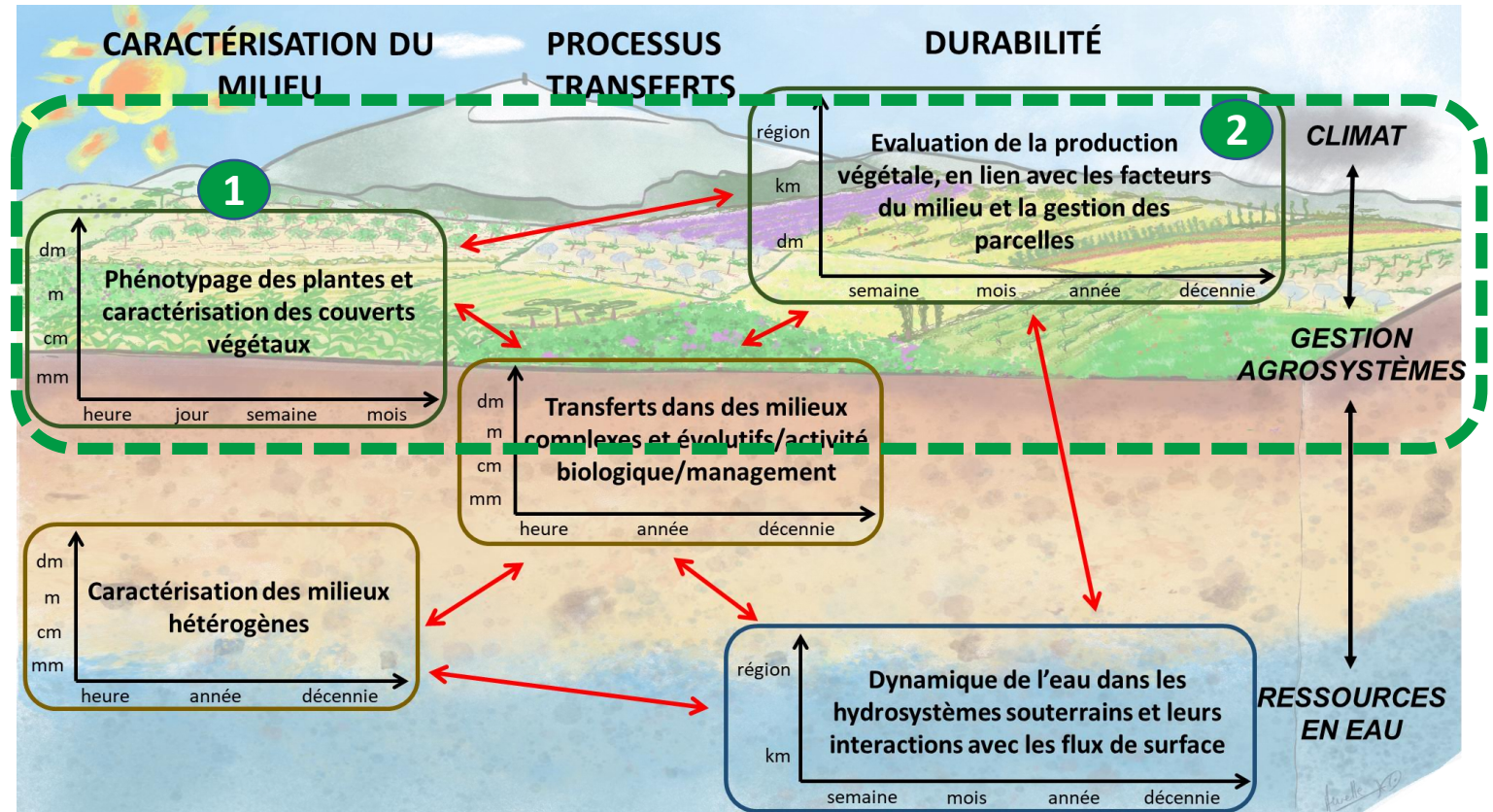
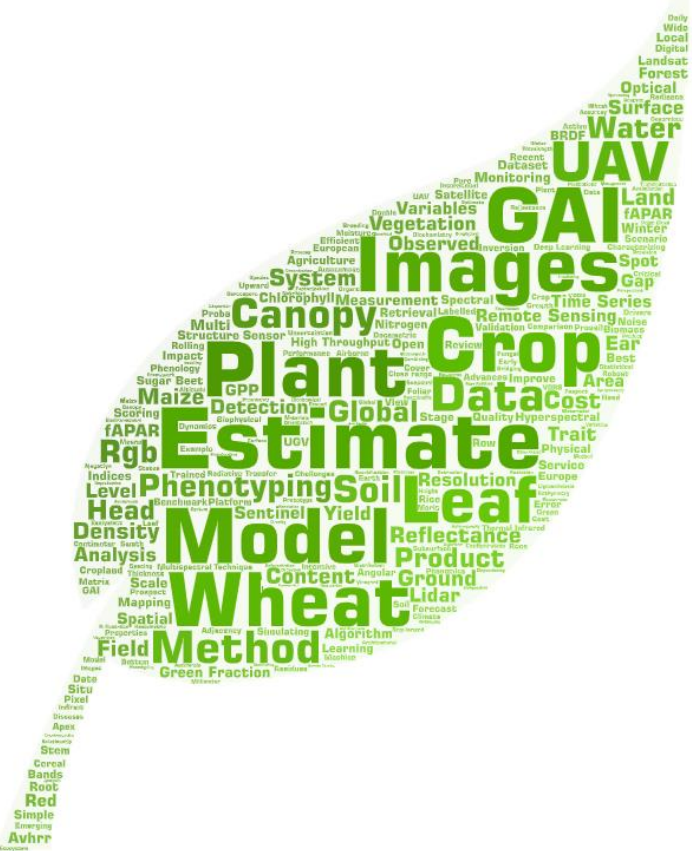
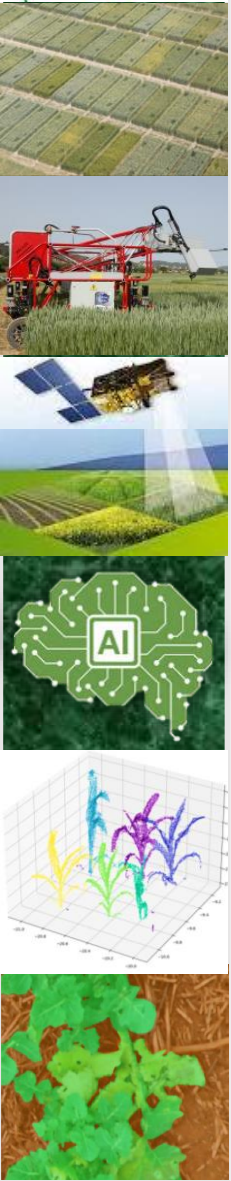
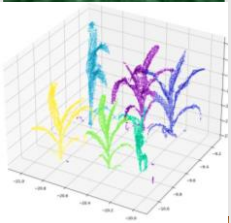
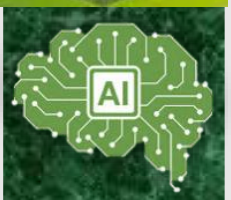


CAPTEURS & TELEDETECTION





2016-2021: L'équipe

Animateurs

2022

F. Baret



DR

M. Weiss



IR

2018

R. Lopez-Lozano



CR

2021

S. Jay



IR

S. Buis



IR, 50%

2021
M. Debroux



TREX

2017
F. Venault



TR

F. Tison



IE, 50%

V. Mercier



AI, 20%



M. Serouart



T. Yang



T. Dubos



H. Ma



M.P

D'Argaignon



Doctorants

Post-Docs

CDD-IR



Institut du végétal

3 permanents

1 à 3 non permanents

Animateur
B. De Solan



S. Thomas



G. Daubige



D. Durand
(alternance)



L. Bernigaud

Instituts Techniques

Terres INOVIA, GEVES

CTIFL, ITB



Start-Up



10-25 personnes

Période 2016 -2021

Docs : E. David , W. Li, L. Li, X. Jin, , J. Jiang K. Velumani, S. Madec

CDD/PostDocs : K. Irfan, S. Jay, Z.Hu, S. Liu, C.Riou, ,M. Soma, J. Wang

Stages : G. Daubige, M. Janin

Apprenti : T. Robine

Contexte d'étude et positionnement de l'équipe

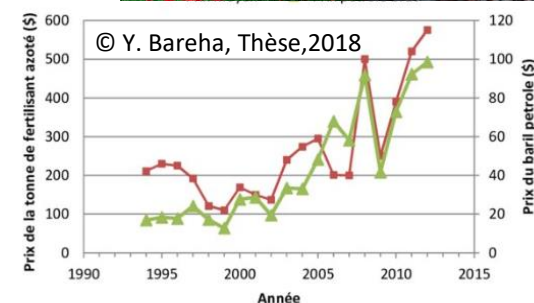
- Améliorer/maintenir la production (quantité, qualité) en limitant l'empreinte environnementale
- Gérer les ressources pour un développement durable

Un environnement contraint:

Changement & événements climatiques

Durabilité et Volatilité des prix agricoles

=> Réduction des intrants (eau, pesticides, fertilisants, herbicides)

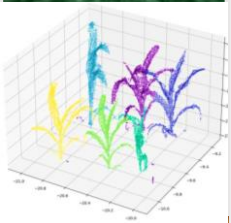
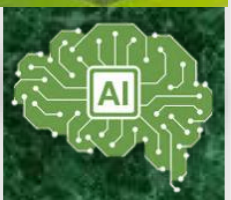


3 leviers

- 1 - Sélection variétale
- 2 - Itinéraires techniques innovants
- 3 - Pilotage des cultures en temps réel

Phénotypage haut-débit
Outils d'aide à la décision

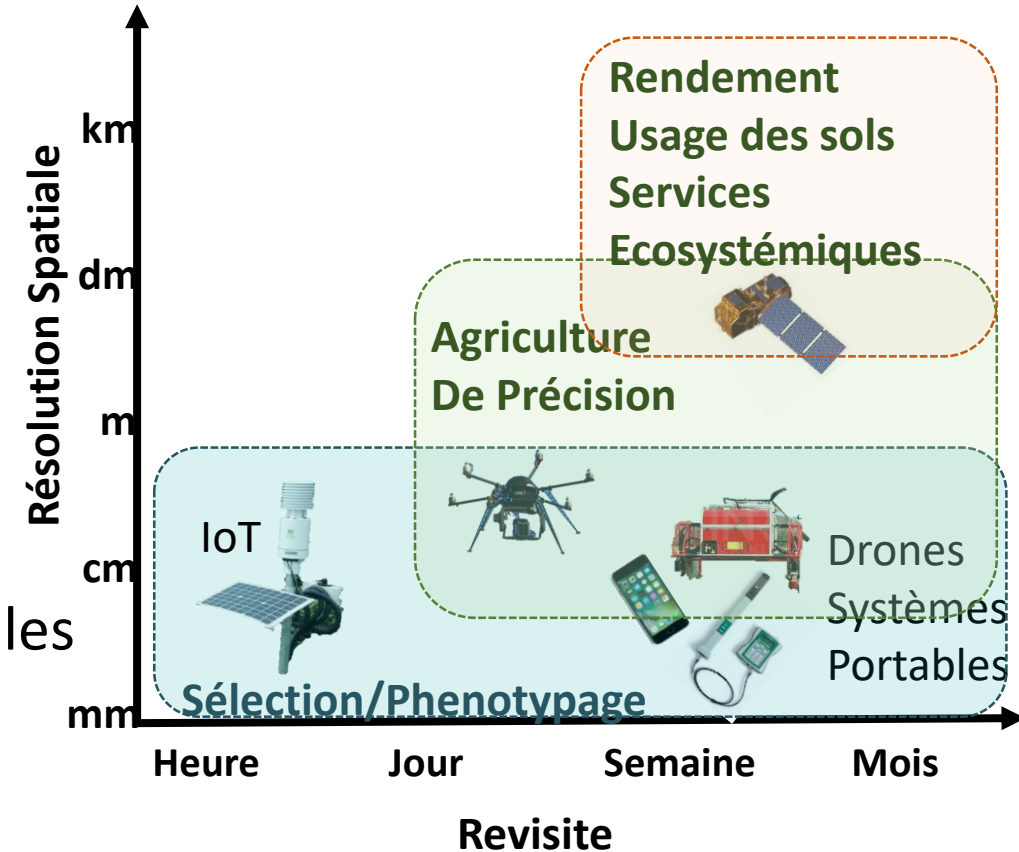
Suivi régulier
& non invasif
Capteurs

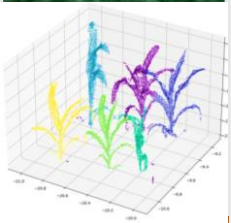
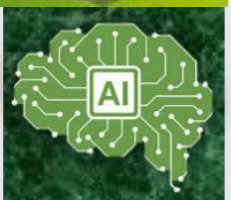


Caractériser la diversité d'un trait structurel ou biochimique au sein des espèces



- Quels traits ? Quelle application?
- Comment les mesurer?
 - quels capteurs ?
 - quelles méthodes d'interprétation, quelles incertitudes?
- Contrainte « haut-débit »
 - automatisation des acquisitions
 - automatisation des traitements

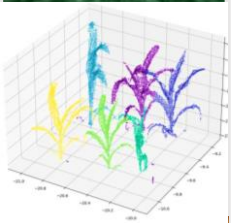
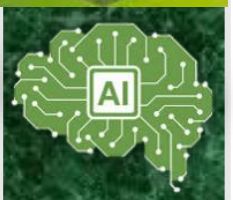




Traits et méthodes d'observation développées

TRAIT	METHOD	SENSOR			VECTOR			REFERENCE
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phénomobile	LITERAL	
Plant height	Structure from motion/stereo		█					Madec et al., 2017 Weiss et al, 2017 Jay et al, en prep.
	Height Distribution			█				Madec et al., 2017
Vegetation Fraction (VF)	DL segmentation	█						Madec et al., 2022
	Height threshold			█				Lopez-Lozano et al., 2022
Green Fraction (GF)	VI Empirical		█					Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019
	ML & DL segmentation	█						Serouart et al., 2022 Madec et al., 2022
	1D RTM inversion		█				█	Djamai et al, 2019 Camacho et al, 2021
Green Area Index (GAI)	VI Empirical		█					Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019 Camacho, 2021
	1D RTM inversion		█					Djamai et al, 2019 Jay et al, 2019 Camacho et al, 2021
	3D RTM inversion			█				Liu et al., 2017 Jiang et al, 2019, 2020 Li et al, 2021 Soma et al, en prep
Plant Area Index (PAI)	1D Turbid			█				Lopez-Lozano et al., 2022

TRAIT	METHOD	SENSOR			VECTOR			REFERENCE
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phénomobile	LITERAL	
Fraction of Intercepted Radiation (FIPAR) & fAPAR	VI Empirical		█					Camacho et al, 2021
	1D RTM inversion		█					Jiang et al, 2017 Liu et al., 2019 Li et al, 2021 Camacho et al, 2021
	3D RTM inversion			█				Jiang et al., 2017
Average Inclination Angle (AIA)	1D RTM inversion		█					Liu et al., 2022
	1D Turbid			█				Lopez-Lozano et al., en prep Liu et al., 2019
	3D RTM inversion			█				Jiang et al., 2019
Canopy Chlorophyll Content (CCC)	1D RTM inversion		█					Delloye et al, 2018
	VI Empirical		█					Jay et al., 2019
Canopy Water Content (CWC)	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019
3D Distribution of Leaf Area	1D Turbid			█				Liu et al., 2017 Soma et al, en prep
Plant density	DL	█						Jin et al., 2017 Velumani et al, 2021
Stem density	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Stem diameter	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Ear density	DL @ reprod, stage							Madec et al., 2019
Leaf Chlorophyll Content	1D RTM inversion		█					Jiang et al, 2018
	VI ML, Empirical	█	█					Jay et al., 2017, 2019 Jay et al, en prep
Disease	ML Segmentation	█	█					Jay et al, 2020



Systemes & traitement automatiques

PHENOMOBILE V1/V2

Cultures basses/hautes
Installation phenotypage
RGB/LiDAR/multispectral



DRONE

- Mesures Terrain
- Stéréovision
RGB/multispectral



PHENOME
EMPHASIS FRANCE

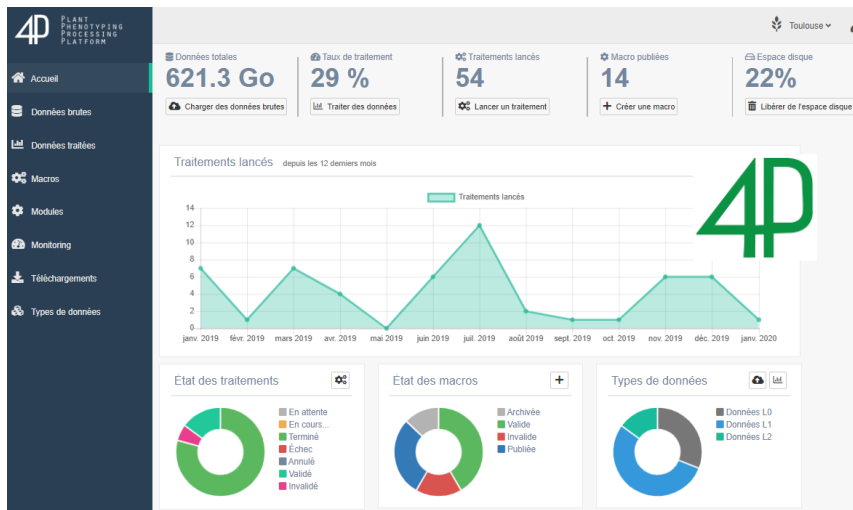
LITERAL

- Mesures Terrain
- Stéréovision
RGB/multispectral

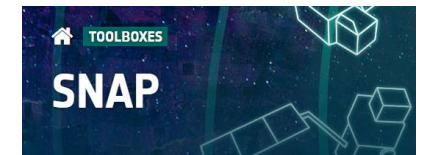


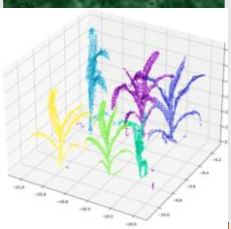
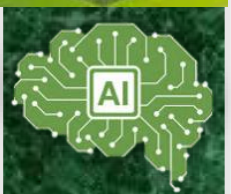
SENTINEL-2

Multispectral



Traitement
opérationnel
des données



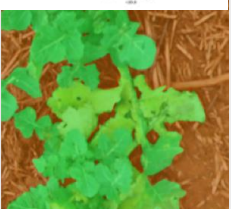
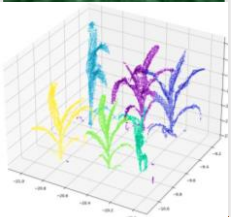
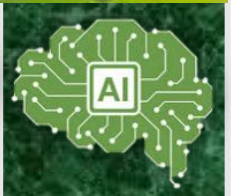


Traits et méthodes d'observation développées

TRAIT	METHOD	SENSOR			VECTOR			REFERENCE
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phénomobile	LITERAL	
Plant height	Structure from motion/stereo							Madec et al., 2017 Weiss et al, 2017 Jay et al, en prep.
	Height Distribution							
Vegetation Fraction (VF)	DL segmentation							
	Height threshold							Lopez-Lozano et al., 2022
Green Fraction (GF)	VI Empirical							Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019
	ML & DL segmentation							Serouart et al., 2022 Madec et al., 2022
	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019 Camacho et al, 2021
Green Area Index (GAI)	VI Empirical							Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019 Camacho, 2021
	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019 Jay et al, 2019 Camacho et al, 2021
	3D RTM inversion							Liu et al., 2017 Jiang et al, 2019, 2020 Li et al, 2021 Soma et al, en prep
Plant Area Index (PAI)	1D Turbid							Lopez-Lozano et al., 2022

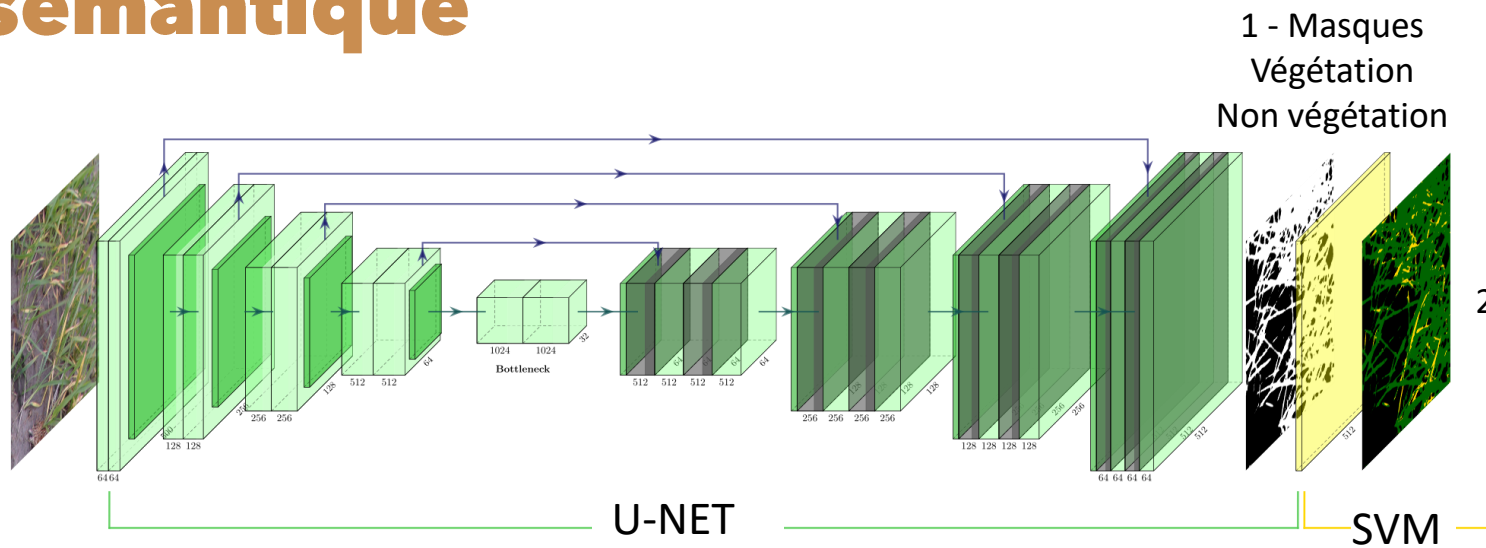
Apprentissage profond pour la classification et la détection d'objets (imagerie RGB)

TRAIT	METHOD	SENSOR			VECTOR			REFERENCE
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phénomobile	LITERAL	
Fraction of Intercepted	VI Empirical							Camacho et al, 2021
	1D RTM inversion							Jiang et al, 2017 Liu et al., 2019 Li et al, 2021 Camacho et al, 2021 et al., 2017
Average Inclination Angle (AIA)	1D Turbid							Lopez-Lozano et al., en prep Liu et al., 2019
	3D RTM inversion							Jiang et al., 2019
Canopy Chlorophyll Content (CCC)	1D RTM inversion							Delloye et al, 2018
	VI Empirical							Jay et al., 2019
Canopy Water Content (CWC)	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019
3D Distribution of Leaf Area	1D Turbid							Liu et al., 2017 Soma et al, en prep
Plant density	DL							Jin et al., 2017 Velumani et al, 2021
Stem density	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Stem diameter	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Ear density	DL @ reprod, stage							Madec et al., 2019
Leaf Chlorophyll Content	1D RTM inversion							Jiang et al, 2018
	VI ML, Empirical							Jay et al., 2017, 2019 Jay et al, en prep
Disease	ML Segmentation							Jay et al, 2020

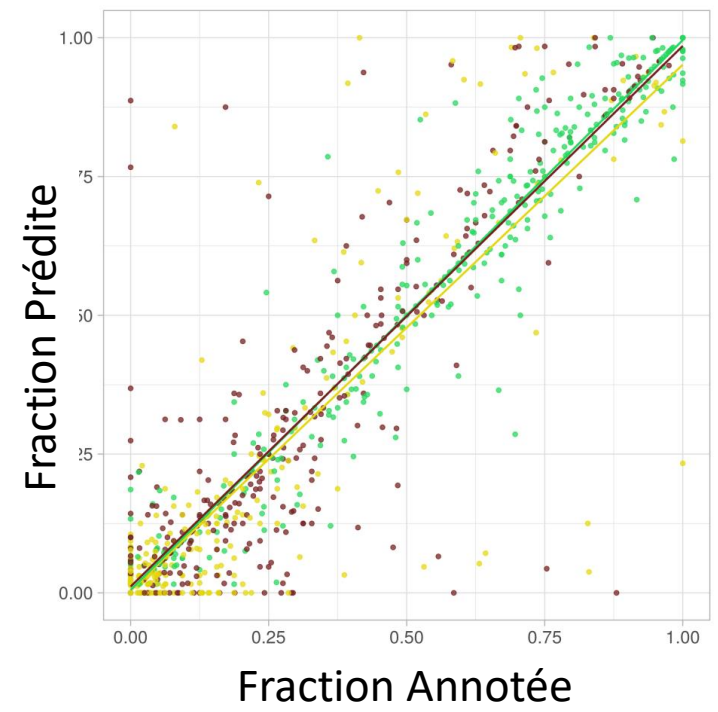


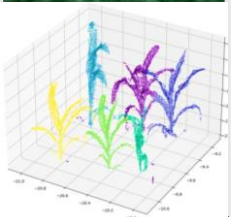
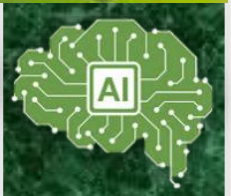
Deep & Machine Learning pour la segmentation sémantique

Madec et al, soumis
Serouart et al, 2022



- Fraction de sol (no veg)
- Fraction verte
- Fraction sénescente





Deep Learning pour la détection d'objets

David et al, 2020
David et al, 2021



Détection d'épis (densité)

Global Wheat Head dataset
Consortium de 16 partenaires
6000 images, 275000 épis

Global Wheat challenge (2020, 2021):

Solution name	WDA	
randomTeamName (1 st place)	0.700	} Resultats Challenge
David_jeon (2 nd place)	0.695	
SMART (2 nd place)	0.695	
Reference (faster-RCNN)	0.492	Resultat avant challenge

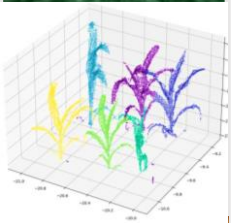
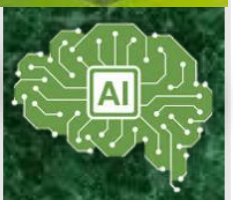


Traits et méthodes d'observation développées

Traits estimés par mesure multispectrale Approche données / modèles de transfert radiatif

TRAIT	METHOD	SENSOR			VECTOR			REFERENCE
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phénomobile	LITERAL	
Vegetation Fraction (VF)	Height Distribution							Madec et al., 2017
	DL segmentation							Madec et al., 2022
Green Fraction (GF)	Height threshold							Lopez-Lozano et al., 2022
	VI Empirical							Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019
Green Area Index (GAI)	ML & DL segmentation							Serouart et al., 2022 Madec et al., 2022
	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019 Camacho et al, 2021
Plant Area Index (PAI)	VI Empirical							Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019 Camacho, 2021
	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019 Jay et al, 2019 Camacho et al, 2021
	3D RTM inversion							Liu et al., 2017 Jiang et al, 2019, 2020 Li et al, 2021 Soma et al, en prep
Plant Area Index (PAI)	1D Turbid							Lopez-Lozano et al., 2022

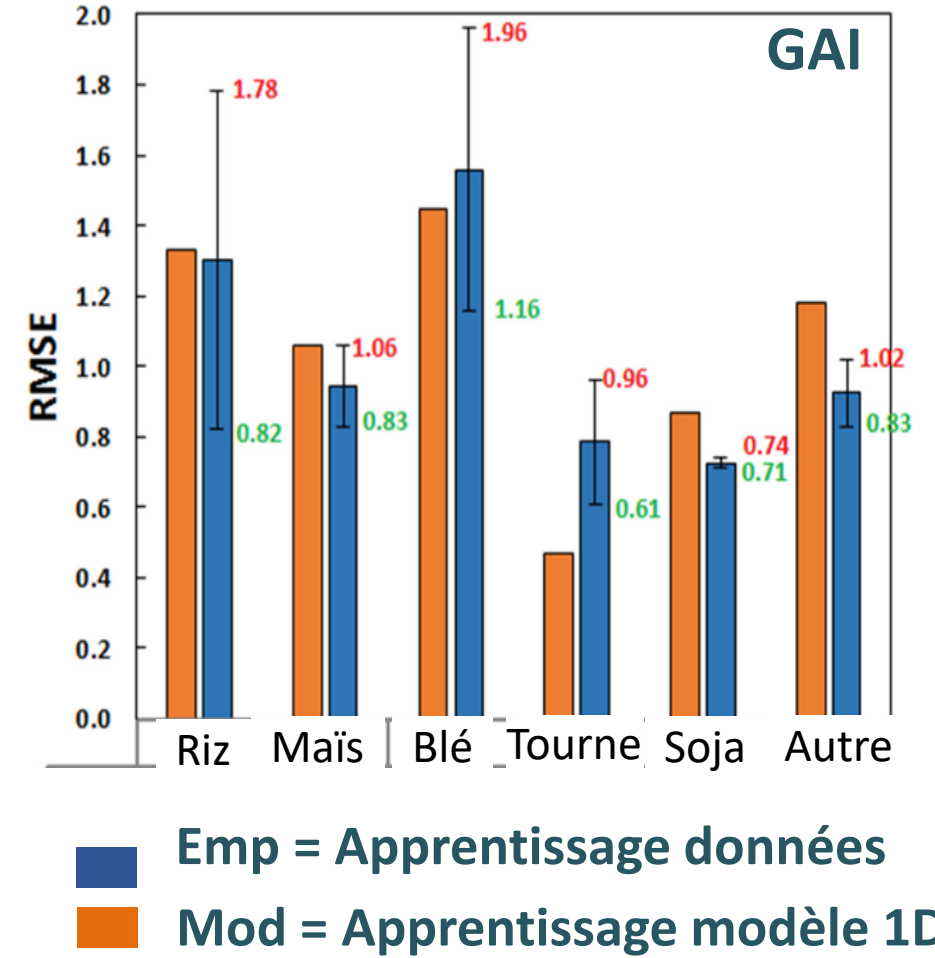
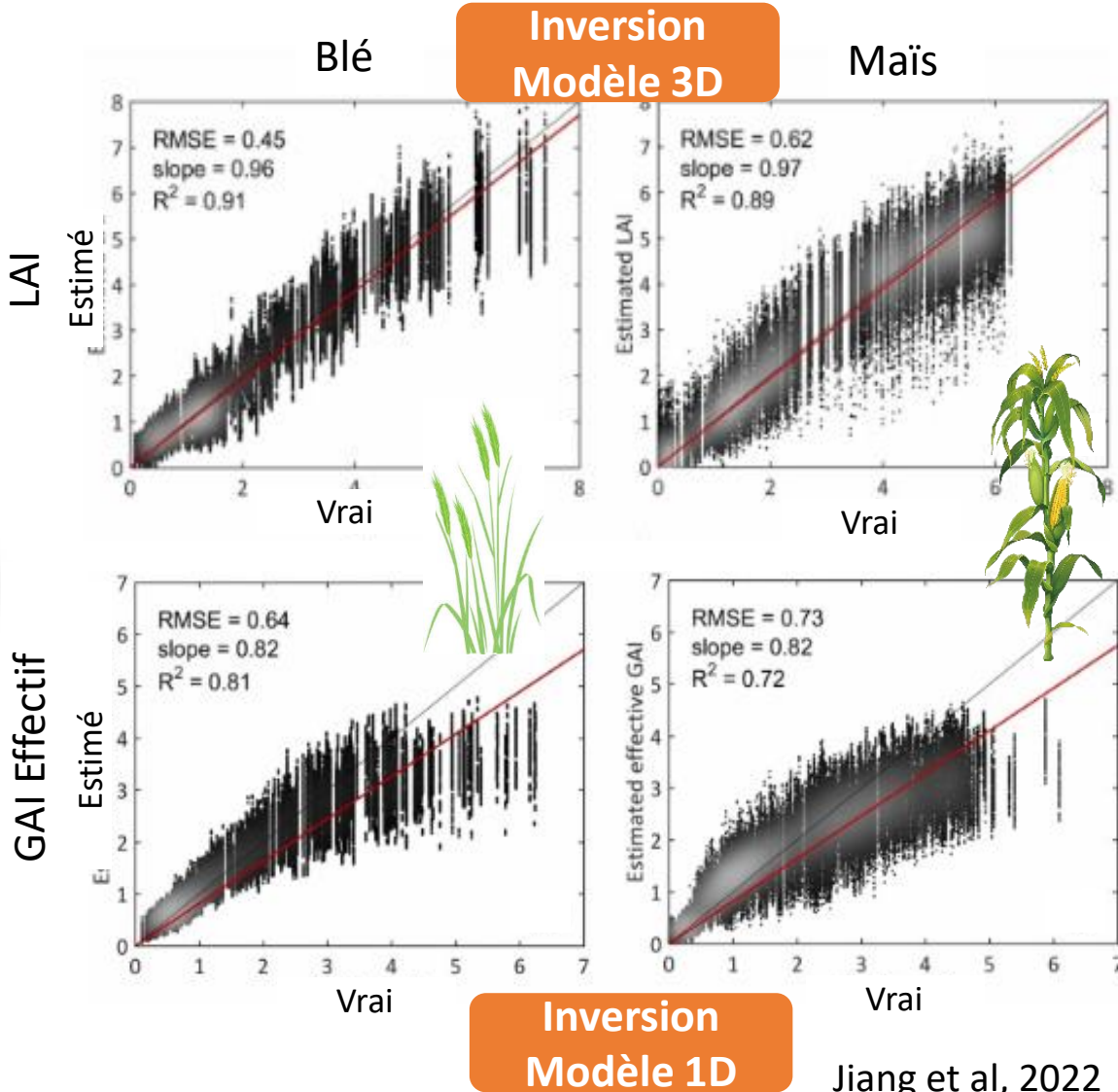
TRAIT	METHOD	SENSOR			VECTOR			REFERENCE
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phénomobile	LITERAL	
Fraction of Intercepted Radiation (FIPAR) & fAPAR	VI Empirical							Camacho et al, 2021
	1D RTM inversion							Jiang et al, 2017 Liu et al., 2019 Li et al, 2021 Camacho et al, 2021
	3D RTM inversion							Jiang et al., 2017
Average Inclination Angle (AIA)	1D RTM inversion							Liu et al., 2022
	1D Turbid							Lopez-Lozano et al., en prep Liu et al., 2019
Canopy Chlorophyll Content (CCC)	3D RTM inversion							Jiang et al., 2019
	1D RTM inversion							Delloye et al, 2018
Canopy Water Content (CWC)	VI empirical							Jay et al., 2019
	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019
3D Distribution of Leaf Area	1D Turbid							Liu et al., 2017 Soma et al, en prep
Plant density	DL							Jin et al., 2017 Velumani et al, 2021
Stem density	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Stem diameter	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Ear density	DL @ reprod, stage							Madec et al., 2019
Leaf Chlorophyll Content	1D RTM inversion							Jiang et al, 2018
	VI ML, empirical							Jay et al., 2017, 2019 Jay et al, en prep
Disease	ML Segmentation							Jay et al, 2020

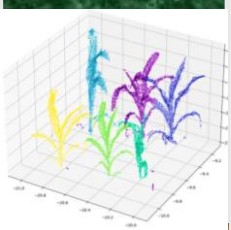
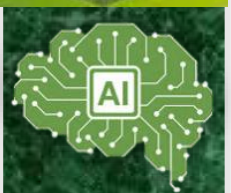


Multispectral & Inversion modèles de TR par ML

Algorithme générique vs spécifique
Simulations

Algorithme générique vs spécifique
Données



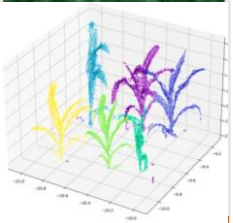
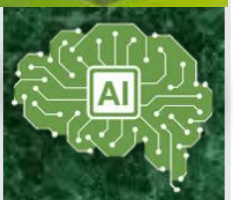


Traits et méthodes d'observation développées

Caractérisation de l'architecture par nuage de points 3D (LiDAR/Stéréovision)

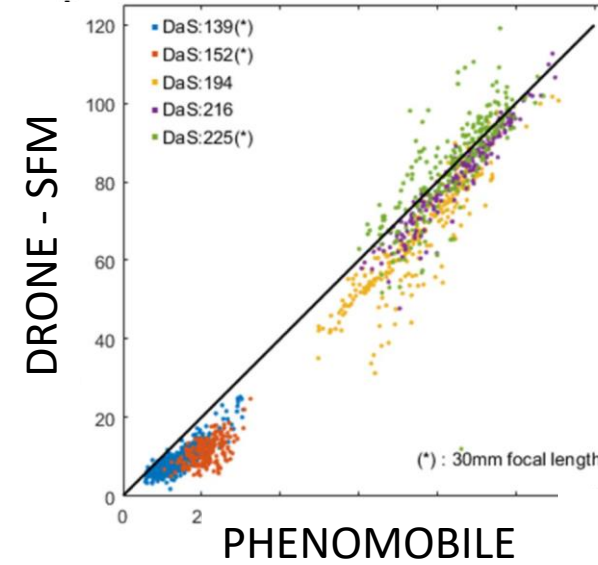
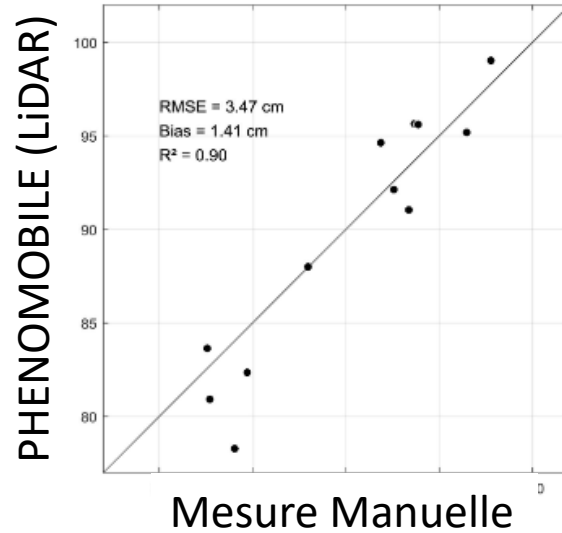
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phenocam	LITERO	satellite	
Plant height	Structure from motion/stereo								Madec et al., 2017 Weiss et al, 2017 Jay et al, en prep.
	Height Distribution								Madec et al., 2017
Vegetation Fraction (VF)	DL segmentation								Madec et al., 2022
	Height threshold								Lopez-Lozano et al., 2022
Green Fraction (GF)	VI Empirical								Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019
	ML & DL segmentation								Serouart et al., 2022 Madec et al., 2022
	1D RTM inversion								Djamai et al, 2019 Camacho et al, 2021
Green Area Index (GAI)	VI Empirical								Jiang et al, 2018 Jay et al, 2019 Camacho, 2021
	1D RTM inversion								Djamai et al, 2019 Jay et al, 2019 Camacho et al, 2021
	3D RTM inversion								Liu et al., 2017 Jiang et al, 2019, 2020 Li et al, 2021 Soma et al, en prep
Plant Area Index (PAI)	1D Turbid							Lopez-Lozano et al., 2022	

TRAIT	METHOD	SENSOR			VECTOR			REFERENCE
		RGB	Multispectral	LiDAR	UAV	Phenomobile	LITERAL	
Fraction of Intercepted Radiation (FIPAR) & fAPAR	VI Empirical							Camacho et al, 2021
	1D RTM inversion							Jiang et al, 2017 Liu et al., 2019 Li et al, 2021 Camacho et al, 2021
	3D RTM inversion							Jiang et al., 2017
Average Inclination Angle (AIA)	1D RTM inversion							Liu et al., 2022
	1D Turbid							Lopez-Lozano et al., en prep Liu et al., 2019
	3D RTM inversion							Jiang et al., 2019
Canopy Chlorophyll Content (CCC)	1D RTM inversion							Delloye et al, 2018
	VI Empirical							Jay et al., 2019
Canopy Water Content (CWC)	1D RTM inversion							Djamai et al, 2019
3D Distribution of Leaf Area	1D Turbid							Liu et al., 2017 Soma et al, en prep
Plant density	DL							Jin et al., 2017 Velumani et al, 2021
Stem density	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Stem diameter	DL @ harvest							Jin et al., 2019
Ear density	DL @ reprod, stage							Madec et al., 2019
Leaf Chlorophyll Content	1D RTM inversion							Jiang et al, 2018
	VI ML, Empirical							Jay et al., 2017, 2019 Jay et al, en prep
Disease	ML Segmentation							Jay et al, 2020

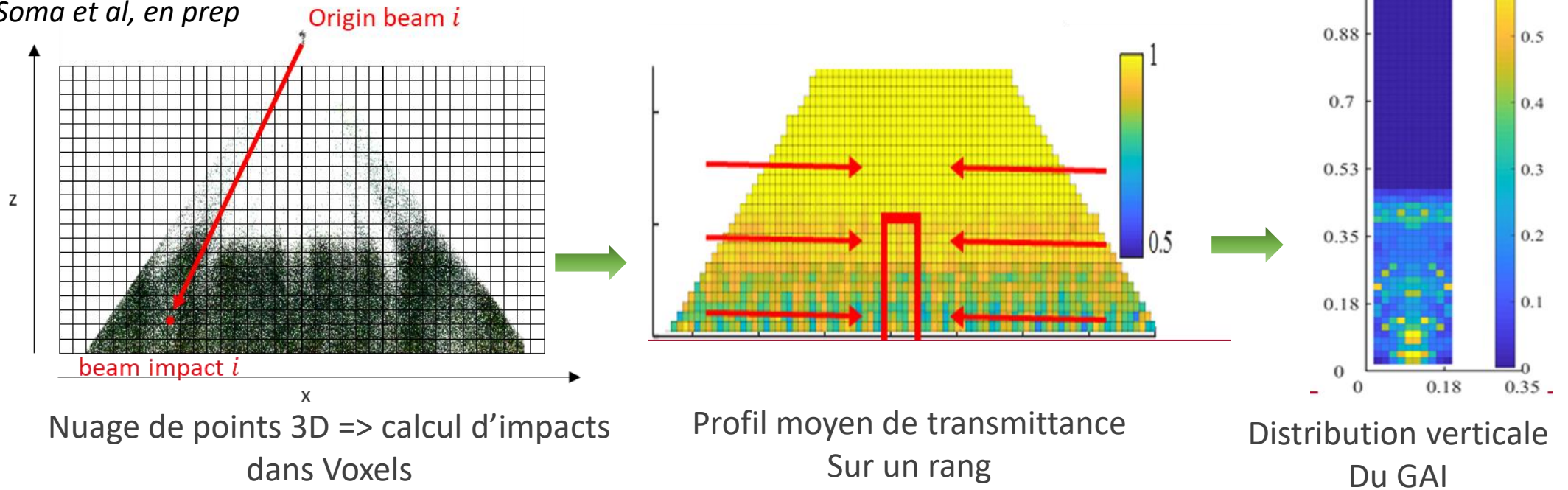


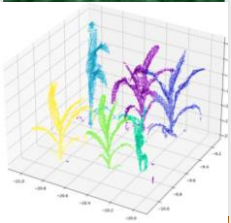
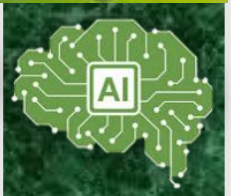
LiDAR/Photogrammétrie & Nuages de points 3D

Madec et al, 2017



Soma et al, en prep





2022-2027: Projet de l'équipe

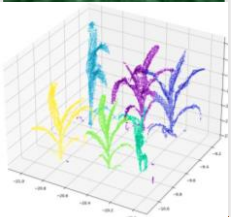
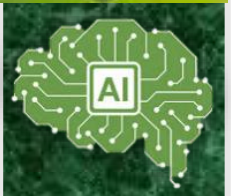
- Améliorer la production (quantité, qualité) en limitant l'empreinte environnementale
- Gérer les ressources pour un développement durable
- *Accompagner la transition écologique: observer pour comprendre le fonctionnement des nouveaux systèmes agroécologiques*

Question de recherche

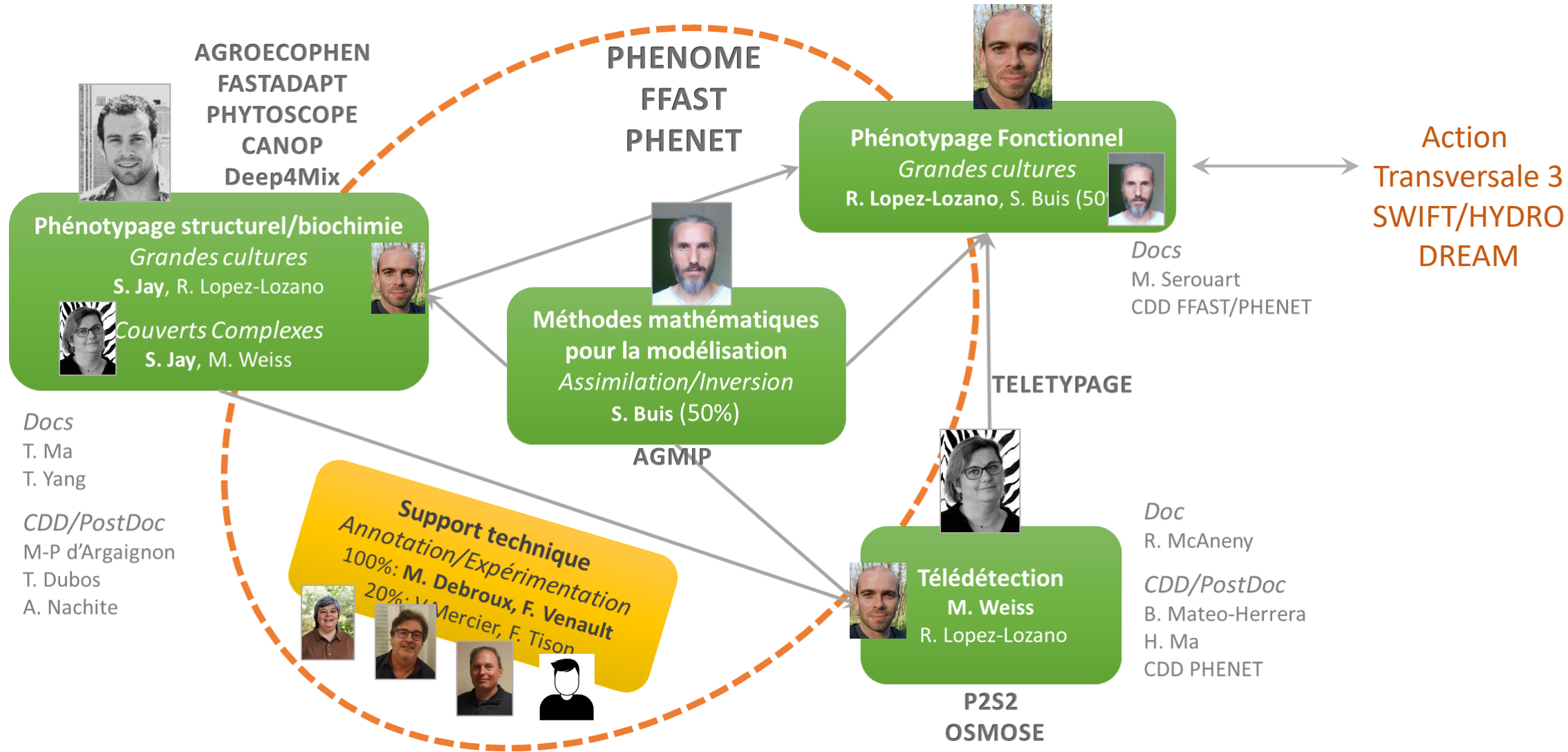
Comment caractériser le *fonctionnement* et la *plasticité* des végétaux pour améliorer la modélisation et la gestion des cultures et des associations de cultures à partir de l'observation de leur état?

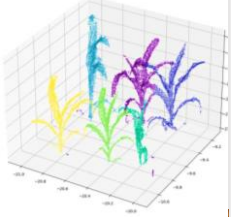
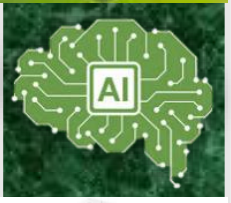
Evolutions par rapport à la période 2016-2021

- Traits structurels (structure 3D, organes) → traits fonctionnels (assimilation données dans modèles de culture)
- Exploitation des séries temporelles → suivi dynamique (plasticité)
- Fusion/complémentarité de données (capteurs/espace/temps) → « télétypage »
- Grandes cultures → Nouveaux agrosystèmes (vergers/cultures mixtes)

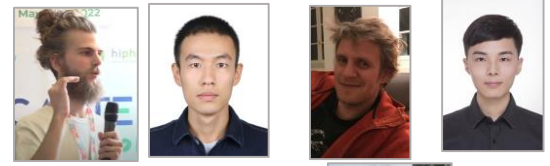
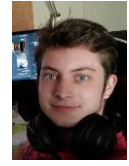


2022-2027: Organisation de l'équipe - projets





2022-2027: L'UMT devient LPA avec ARVALIS



UEs
DIASCOPE
PHAAC
AgroPHEN
AHM

