

Apport de la spectroscopie et de l'imagerie pour le phénotypage des productions végétales: Activités de phénotypage au CRA-W

Unité Qualité and authentification des produits (U12)

Philippe Vermeulen, Damien Vincke, Corentin Demoitié, Vincent Baeten

Unité Agriculture, territoire et intégration technologique (U6)

Yannick Curnel, Louise Leclere, Viviane Planchon

Unité Biodiversité et amélioration des plantes & forêts (U2)

Guillaume Jacquemin, Marc Lateur

Unité Santé des plantes & forêts (U3)

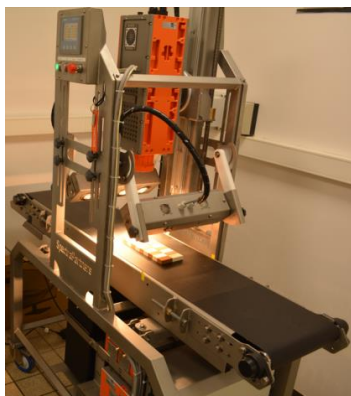
François Henriet

Unité Productions végétales (U4)

Damien Eylenbosch, Quentin Limbourg, Denis Tourneur, Ferial Ben Abdallah

Unité Valorisation des produits, de la biomasse et du bois (U11)

Bruno Godin, Pierre Yves Werrie, Jérôme Delcarte



Un équipement adapté en intérieur

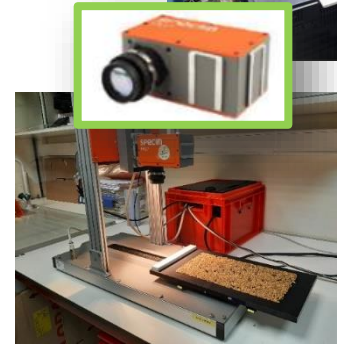


QSorter
Spectromètre
+ RGB images
+ tri



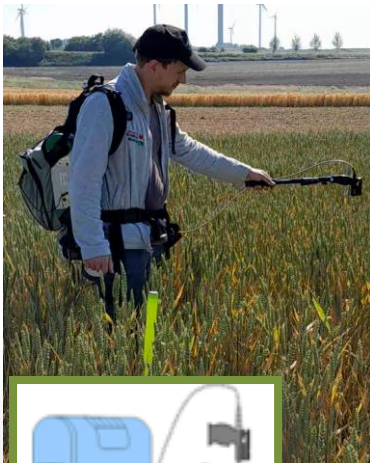
ASD Fieldspec 4
Acquisition
en contact

HINALEA
Techno
Front staring

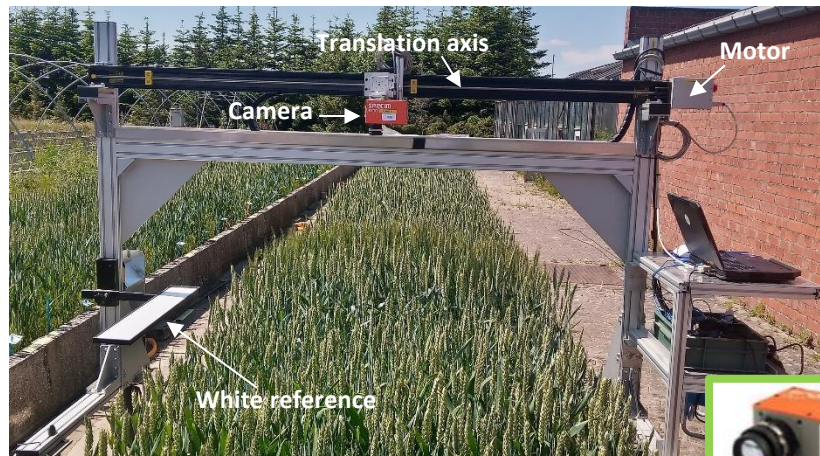


SPECIM FX10/FX17/SWIR
Techno linescan

Un équipement adapté en extérieur au sol



ASD Fieldspec 4
Acquisition
en statique ou
en continu

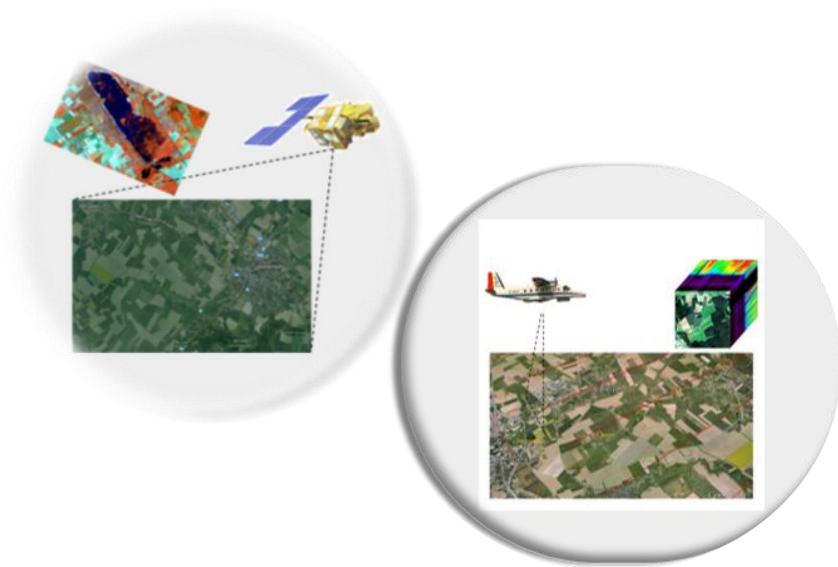


SPECIM FX10/FX17 Acquisition par déplacement linéaire ou rotatif



Collaboration U12 - U4: équipe Francini

Un équipement adapté en extérieur au ciel



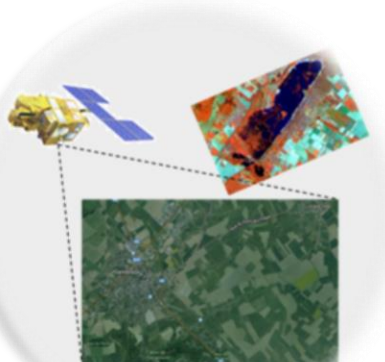
Imagerie par drone: Utilisation de caméras MS et HS pour suivi de la croissance/ sénescence des cultures au champ

Collaboration U6 - Gbx Agrobiotech

Ca sert à quoi?

Analyser la qualité des productions avant et après récolte

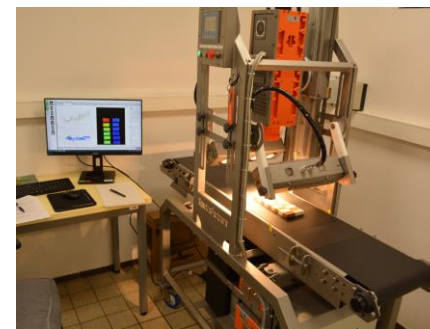
Dans le ciel



Sur le terrain



Au laboratoire



Suivi des cultures
à l'échelle
d'un champ, d'une région

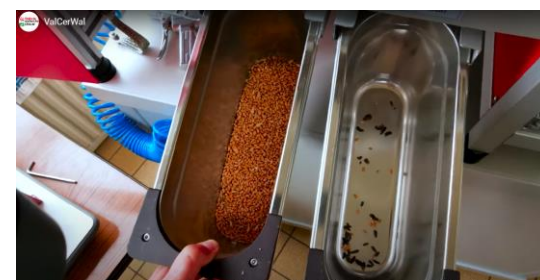
U6



Suivi des cultures
à l'échelle d'un champ
d'une parcelle expérimentale

U12: labo Fieldpro

U2, U3, U4



Suivi des récoltes
à l'échelle
du grain

U12: labo NIR et DRIM

U11: labo Techno

Concrètement ...

Quelques projets autour du phénotypage

Europe

INVITE: fusariose sur épis

PHENET: stress biotiques sur céréales

GW Datasets: données annotées céréales



Régional

PhenWheat: fusariose sur épis

ValCerWal: qualité technologique et impuretés

Spaghyti: statut azoté et stress biotique en froment

Sunshine : suivi de la pousse de l'herbe

Belcam : Suivi parcellaire (biomasse, statut azoté...) en froment d'hiver, pommes de terre et maïs.

PHENWHEAT

ValCerWal



PHENWHEAT (2019-2024)

PHENotyping on WHEAT

- Principaux résultats

- Plateformes de phénotypage :



- Utilisation de l'imagerie hyperspectrale NIR pour :

- la détection d'épis fusariés en laboratoire
et l'évaluation de la sévérité d'infection
 - Evaluation de l'état sanitaire des épis en parcelles d'essai
et de l'intensité de stress biotiques à l'échelle de la parcelle d'essai

Contact: Damien Vincke

Collaboration U12-U4

PHENWHEAT (2019-2024)

PHENotyping on WHEAT

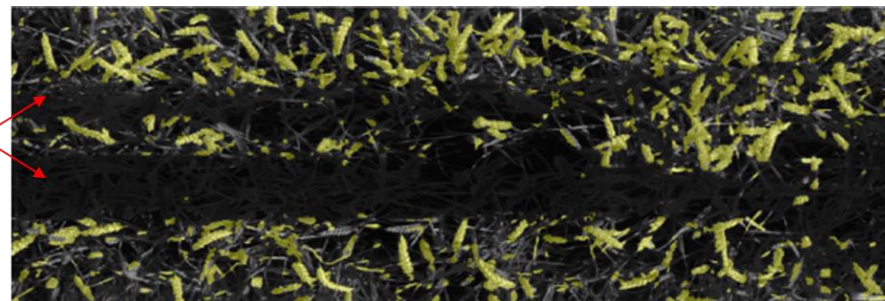
- Transfert de la plateforme ou des technologies sur des équipements agricoles en parcelles agricoles

Transfert de l'équipement d'imagerie hyperspectrale sur une plateforme montée sur tracteur



Transfert des modèles développés sur le portique

Ombres projetées



➤ A valider dans le cadre du projet Phenet

Contact: Damien Vincke

Collaboration U12-U4

INVITE (2019-2024)

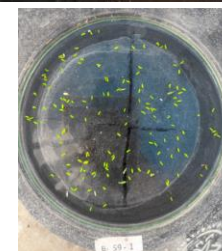
INovations in plant Varlety Testing in Europe



Principaux résultats: outils RGB

- au laboratoire:

- Evaluation des longueurs des organes avec ImageMeter
- Comptage du nombre de larves de cécidomyie à partir d'images RGB (segmentation)



- au champ:

- Evaluation de la date d'épiaison avec une caméra stéréo vision (à améliorer)
- Application smartphone de reconnaissance de la fusariose (deep learning)



Contacts: Philippe Vermeulen, François Henriet, Sébastien Dandrifosse, Hadhami Garbougé (UAngers), Dan Rustia (WUR)

Collaboration U12-U3-U4-U6

INVITE (2019-2024)

INovations in plant Varlety Testing in Europe



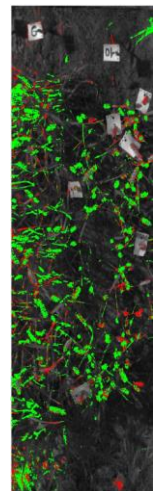
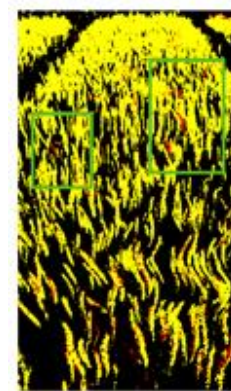
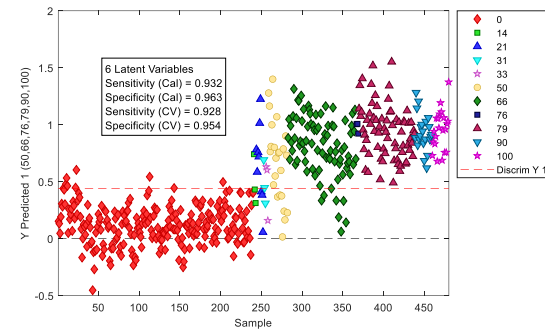
Principaux résultats: outils non RGB

• au laboratoire:

- Evaluation de la sévérité de fusariose sur épis coupés en utilisant:
 - un ASD VIS-NIR-SWIR: 3 classes sur base de la teneur en chlorophylle et en eau
 - un système d'imagerie NIR hyperspectrale à un stade tardif (teneur en eau)

• au champ:

- Evaluation du nombre d'épis fusariés en utilisant un système d'imagerie hyperspectrale
 - en vue en perspective
 - en vue verticale



Collaboration U12-U4

Contacts: Philippe Vermeulen, Damien Vincke, François Godechal

PHENET (2023-2027)

PHENotyping and EnviroTyping



Services pour le phénotypage de divers systèmes agricoles

- **Cas d'étude: évaluation des maladies sur céréales en temps réel par imagerie hyperspectrale**

- Fusariose de l'épi (*Fusarium sp*):
production de mycotoxines
- Carie du blé (*Tilletia caries*):
contamination de lots de grains par les spores
- Cecidomyie orange du blé (*Sitodiplosis mosellana*):
perte de rendement lié à l'infection des épis
par des larves à la floraison



Contacts: Philippe Vermeulen, Damien Vincke

Collaboration U12-U3-U4

Contribution au GWFHB (2024-...)

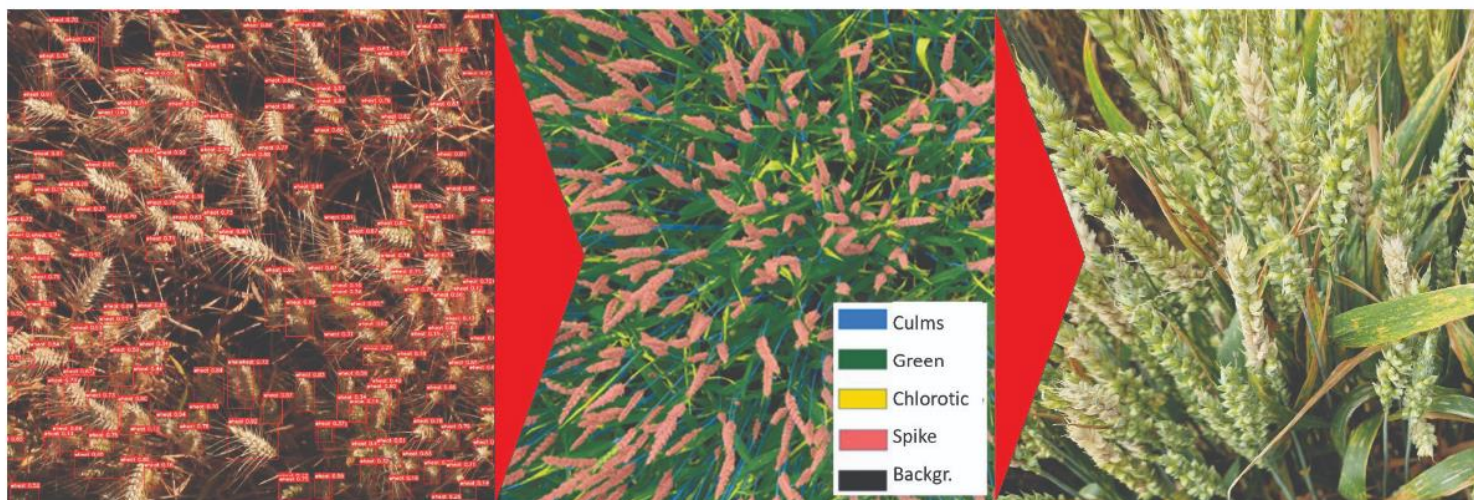
Global **W**heat **F**usarium **H**ead **B**light

Valorisation des images RGB sur épis fusariés

GWHD

GWFS

GWFHB



<https://www.global-wheat.com/gwfs.html>



Silver sponsor

PHENET

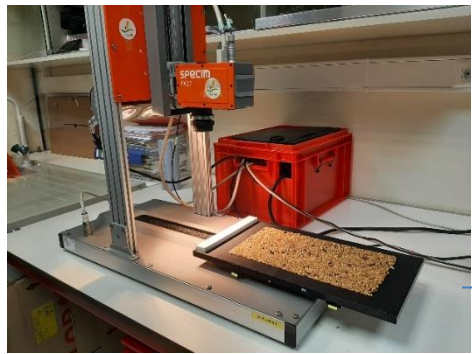
Contacts: Philippe Vermeulen, Sébastien Dandrifosse

Collaboration U12-U6

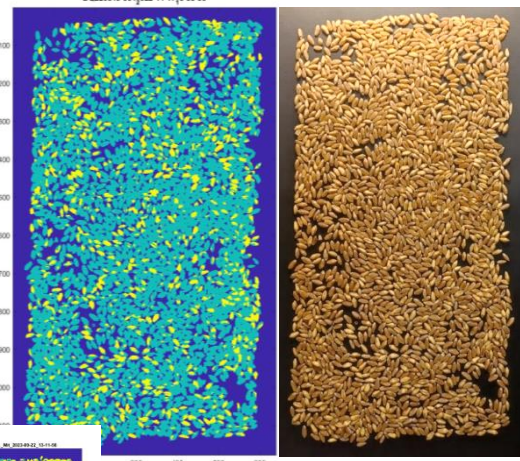
VALCERWAL (2022-2024)

VALorisation des CERéales en WALLonie

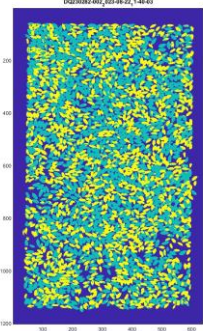
Evaluation du mitadinage sur blé dur en bulk par imagerie hyperspectrale et tri



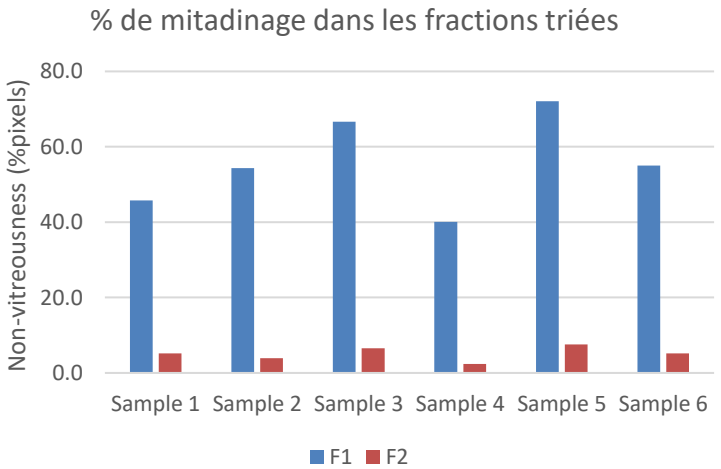
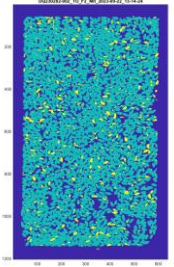
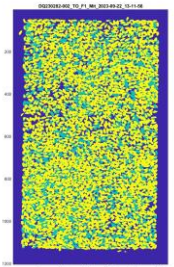
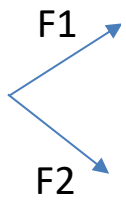
Analyse d'échantillons en bulk
900 – 1700 nm



➤ Détection rapide sur échantillons en bulk



Trieur optique graine à graine
800 – 1800 nm + RGB

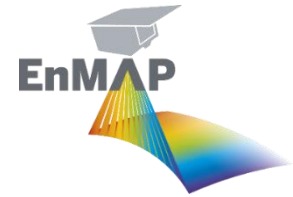


Contacts: Corentin Demoiété, PY Werrie

Collaboration U12-U11-U4

Space for Agriculture with Hyperspectral Teledetection & Innovation

Réalité terrain avec observations et mesures spectrales au sol pour 2 applications d'imagerie hyperspectrale satellitaire destinées à évaluer le statut azoté et les stress biotiques en céréales



Acquisition d'images hémisphériques
Evaluation LAI
couverture canopée



Prélèvement de plantes pour l'évaluation de la teneur en azote
Identification du stade BBCH
Evaluation des maladies



Acquisition de données spectrales avec l'ASD FieldSpec 4

Contacts: Louise Leclère, François Stevens

Collaboration U3, U4, U6, U12, CEPICOP

Phénotypage ?

→ suivi / « monitoring » à l'échelle (intra-) parcellaire

Images satellitaire :

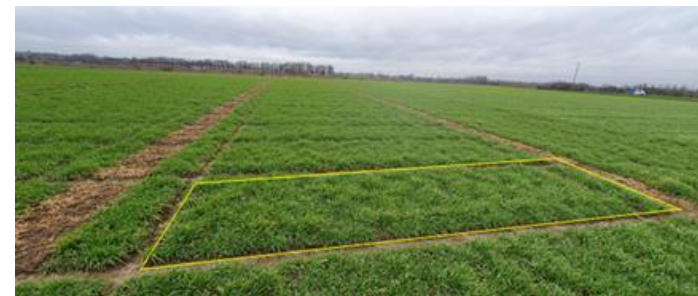
Sentinel-2 (A, B et bientôt C)

Sentinel-1 (SAR)

Résolution spatiale (min: 10 m) incompatible avec la taille des essais.

Avantages: Acquisition systématique, disponible « gratuitement »

‘Validation’ en conditions réelles des phénotypes



Essai « azote » CePiCop 2023

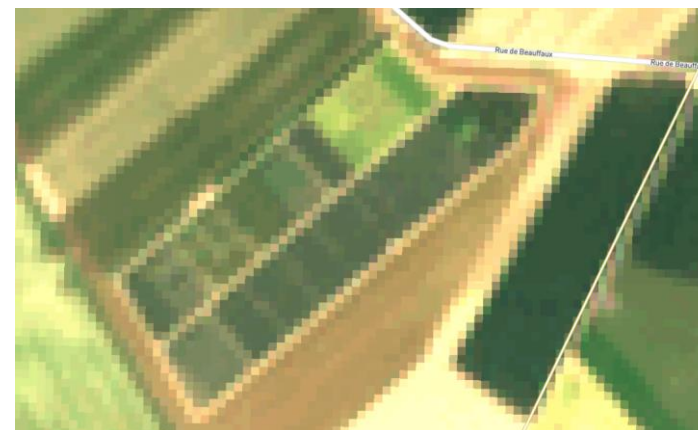
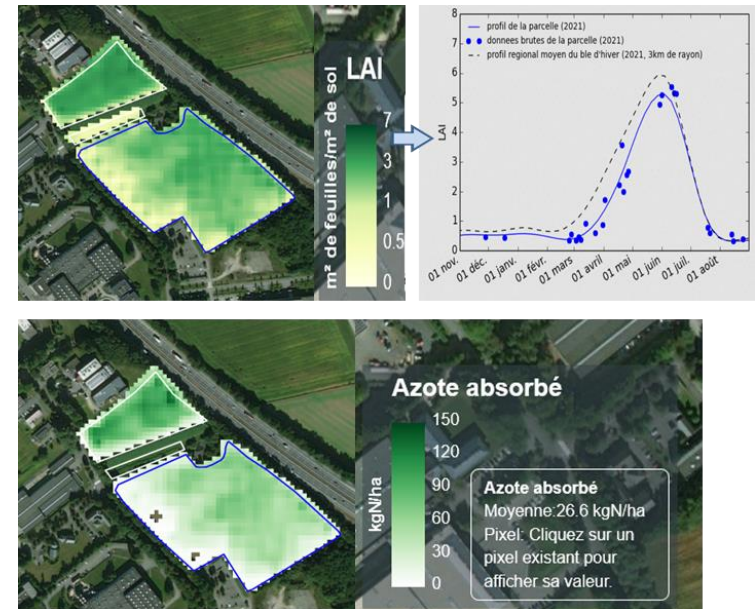


Image S2 de l'essai « azote » CePiCop (16/06/2023)



Produits actuellement disponibles sur la plateforme BELCAM (froment, pommes de terre, maïs) :

- Images satellitaires
- Bilan azoté prévisionnel
- Statut azoté en cours de saison (NNI, azote absorbé)
- Indicateurs de biomasse (LAI)
- Estimation de la biomasse aérienne (cultures principale, CIPAN/SIE)
- Estimation du rendement (modélisation)
- informations météo PAMESEB



2024-2025 : nouveau financement (PRW 139)

Partenaire : Uclouvain

Objectifs généraux:

- la caractérisation des **ressources prairiales** et leur évolution,
- la **gestion informatisée** des calendriers de pâturage,
- l'amélioration des **outils de rationnement** au pâturage,
- la quantification des pertes de productivité des prairies due aux **conditions météorologiques extrêmes** (sècheresses)



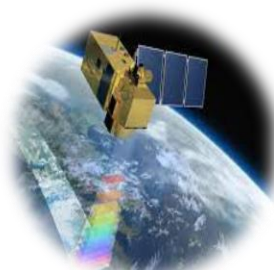
***OAD co-construit
avec les éleveurs***



Les clés de la réussite :



*Des données de terrain de
qualité...*



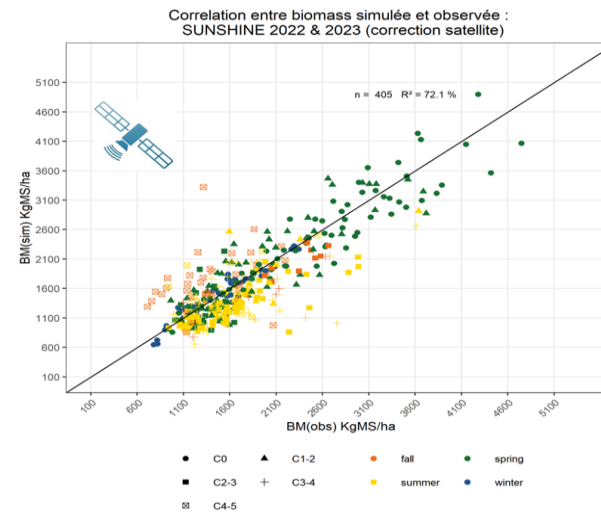
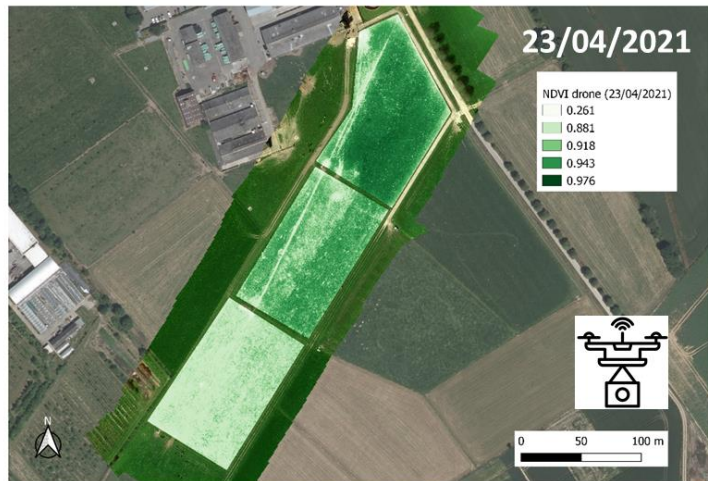
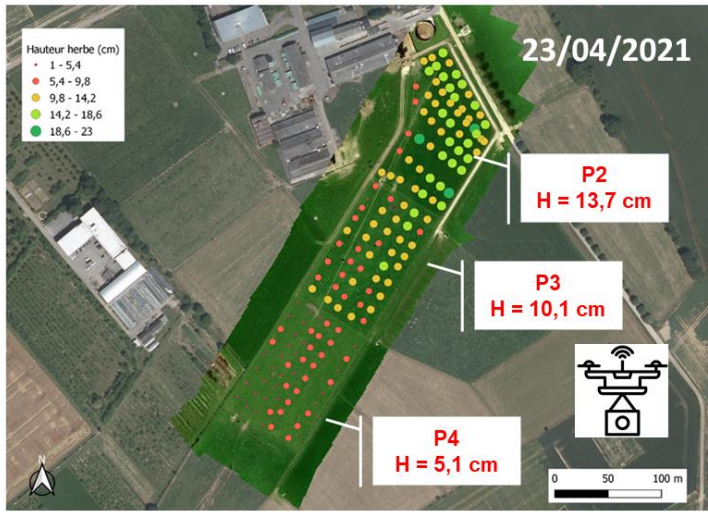
*Des images satellitaires (S1,S2)
à qui rien n'échappe..*



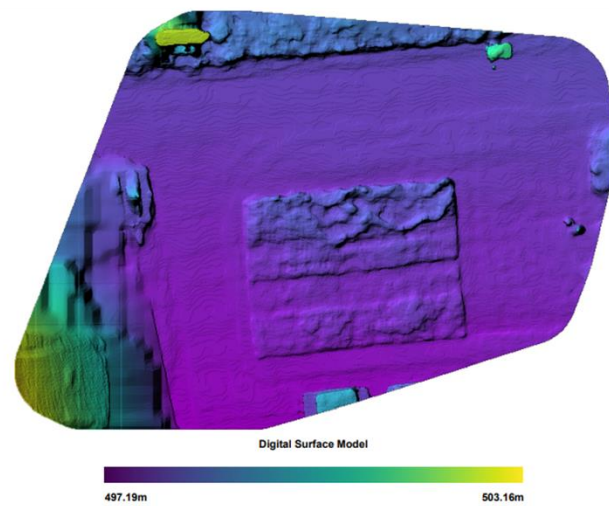
*Un modèle de croissance
éprouvé...*



*Un réseau d'éleveurs
dynamiques*

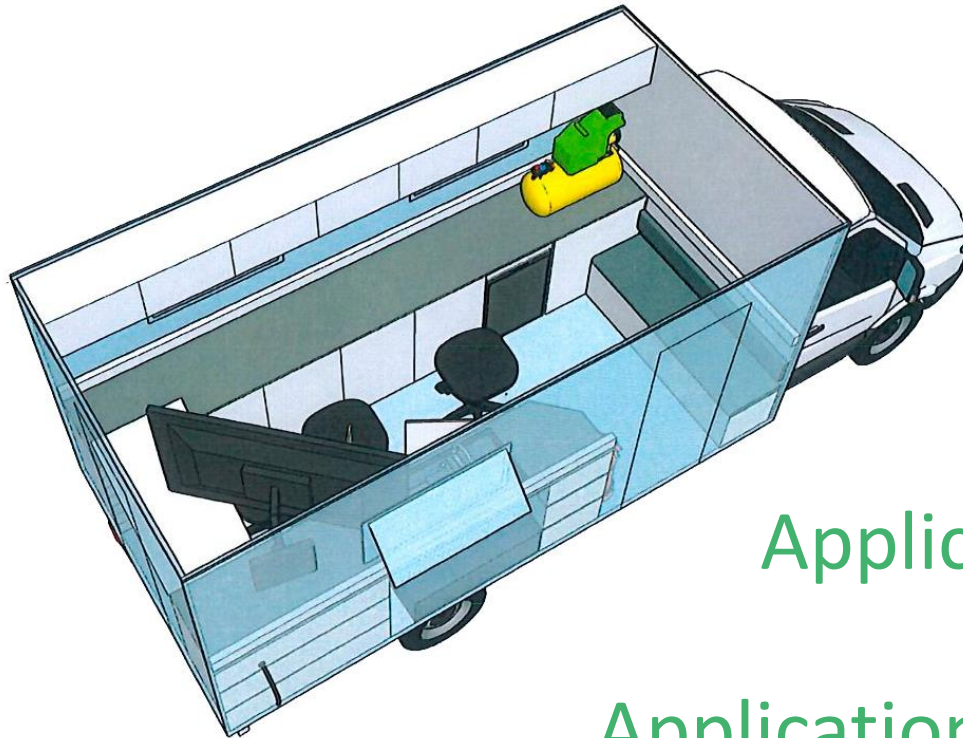


Utilisation de la photogrammétrie (images drone)



Parcelle	Surface (m ²)	Volume (m ³)	Hauteur moy. (cm)
P1	30,81	0,45	2
P2	29,84	12,78	43
P3	28,62	5,76	20
P4	26,48	1,59	6
P5	27,15	3,35	12

Et demain...



Gestion des échantillons

Gestion des données

-CRAWL}PEC-

Démonstrations

Applications en agriculture

Applications en agroalimentaire

Contact: Philippe Vermeulen

Collaboration avec tous

Prochains investissements










Perche Literal par Hiphen



Nouvelle version avec bande NIR pour évaluer le NDVI

A Portfolio Of **Agronomic Traits** Ready To Deliver Value 



Trait x Crop		 Wheat	 Barley	 OSR/Canola	 Sugar Beet	 Potato	New Crops Coming Soon ...
 Trial Quality	Plant Count	✓	✓	✓	✓	✓	...
	Disease Assessment	Fusarium Head Blight	Fusarium Head Blight	TBD	TBD	TBD	...
 Canopy Development	Green Cover	✓	✓	✓	Coming Soon...	Coming Soon...	...
	Plant Cover	✓	✓	✓	Coming Soon...	Coming Soon...	...
	Early Vigor	✓	✓	Coming Soon...	Coming Soon...	Coming Soon...	...
	Flowering	TBD	TBD	✓	N/A	N/A	...
 Biomass Proxy	Plant Height	✓	✓	✓	Coming Soon...	Coming Soon...	...
	Leaf Area Index	✓	✓	✓	Coming Soon...	Coming Soon...	...
	NDVI	✓	✓	✓	✓	✓	...
 Harvest Index & Quality	Organ Count	Head Count	Head Count	Pod Count	N/A	N/A	...
	Organ Density	Head Density	Head Density	Pod Density	N/A	N/A	...



Prochains investissements

Drone avec caméra hyperspectrale

CO-ALIGNED HP™
Compact VNIR-SWIR Hyperspectral
Imaging System for Remote Sensing

SPECTRAL RANGE	VNIR, 400-1000nm	SWIR, 900-2500nm
MODEL	CO-ALIGNED HP™	
Spectral Bands	340	267
Spatial Pixels	1020	640
Camera Technology	CMOS	MCT
Pixel Pitch	5.86 µm	15 µm
Aperture	f/2.5	
Slit Length	6 mm	10.4 mm
Dispersion/Pixel	176 nm	6 nm
Entrance Slit Width	20 µm	15 µm
Spectral FWHM	8 nm	8 nm
Frame Rate (Sustained)	200 Hz	200 Hz
ADC Bit Depth	12-bits	16-bits
Cooling	No	Stirling-Cooled
Spectrograph Design	Co-Aligned & Aberration-Corrected	
Digital Interface	GigE	GigE
GPS/IMU	Applanix APX-15	
Data Storage on Payload	480 GB Solid-State for Each Sensor	
Weight (sensor only)	4.0 kg / 8.8 lbs ²	
Dimensions (sensor only)	272 x 211 x 165 mm ³	
Power req (typical / max)	14.4 W / 36 W	37 W / 40 W
Operational Temp Range	0 – 40 °C	
Storage Temp Range	-20 – 60 °C	
Compatible UAVs	DJI Matrice 600 Pro, Freefly Alta X	



!!! Beaucoup de données redondantes
Onéreux, nécessite de grands volumes de
stockage et des capacités de traitements

→ Système modulaire ?



Figure 1: Schematic system overview
(See Ref [1])

Jenal et al., 2020

Dates à retenir

- 30/9 – Online :
INVITE: réunion phénotypage pour les offices d'examen
- 14-18/10 – Gembloux – CRA-W :
Vibrational spectroscopy and chemometrics course
- Novembre/Décembre – Online :
PHENET: Friday webinars
- 28/11 – Bruxelles :
INVITE: réunion finale Froment
- 10/12 – Bruxelles :
INVITE: réunion finale autres espèces

Merci pour votre attention



Merci à toutes
les équipes



Contacts: p.vermeulen@cra.wallonie.be; y.curnel@cra.wallonie.be