



QUALIPHEN

**Systeme d'estimation qualifiée des traits phénotypiques
obtenus par imagerie spectrale active et passive**

Marc Lennon,

Nicolas Thomas, Alexandre Guyot,
Antoine Fournier, Benjamin Gac,
Denis Treguat

Nantes, 28 juin 2022



From light to Earth information

Développement des usages de l'imagerie spectrale pour la cartographie

Création en 2016

Une équipe de 10 personnes + prestas / stagiaires



4

pôles d'activité

SENSING

ANALYTICS

METHODS

SOFTWARE

Services opérationnels

Acquisition de données Avion et UAV

Analyse et Traitement d'images MTR

Développement d'infrastructures de traitement et visualisation

FlySpec

Hypip

Bathysat

STORMM

SWIM

Littoviz

...

...

...

Applications

Hydrographie et morphodynamique côtière,
Biodiversité côtière, Dynamique des habitats, Macrofaune,
Monitoring de la turbidité, Archéologie côtière,
Phénotypage

Le projet Qualiphen

Contexte : Phénotypage = Mesure des caractères exprimés par les plantes au champ



ARVALIS
Institut du végétal

©Phénomobile

Phénotypage + génotypage

⇒ **Sélection variétale dans le contexte de l'agriculture de demain
(robustesse au changement climatique, résistance stress, réduction des intrants...)**

Qualiphen – Problématique générale

- **Phénotypage = Estimation des propriétés du couvert végétal**
(Chl, LAI, pigments, teneur en eau, etc...)
devient un enjeu majeur et croissant en agriculture
- **Aujourd'hui : techniques de phénotypage sont ponctuelles et non qualifiées**
(= on ne connaît pas la précision de la mesure)
- **QualiPhen : phénotypage spatialisé (vecteur tracté, drone...) et qualifié**
grâce à des techniques d'imagerie spectrale active et passive

Le projet Qualiphen



bpifrance

Coût du projet : 400 K€
Financement Région : 196 K€ (45%)

INNO AVENIR BRETAGNE
Action : « Inno Avenir Projets »
-
Appel à projets

01/04/2021 → 30/09/2023 (2,5 ans)

Manips au champ : Printemps 2022 (tests)
Printemps 2023 (validation)

hytech  126 K€

PHOTONICS 
BRETAGNE
Photonics Innovation Hub 70 K€

ARVALIS 
Institut du végétal

Complémentarité des partenaires



Utilisation de capteurs hyperspectraux imageurs passifs
Caractérisation capteurs hyperspectraux

Acquisition de données hyperspectrales aériennes

Traitement de données hyperspectrales, inversion MTR
Estimation de paramètres quantitatifs
Estimation d'incertitudes sur paramètres estimés

Applications Mer principalement



Conception de capteurs hyperspectraux actifs

Acquisition de données hyperspectrales in situ

Traitement de données hyperpsectral actif

Applications agri / agro
(laboratoire Agrophotonique)



Qualiphen – Problématique détaillée

Imagerie hyperspectrale passive VNIR/SWIR vision rapprochée :

- Peut-on augmenter la précision d'estimation ?
- Peut-on estimer plus de paramètres ?

Capteur hyperspectral actif :

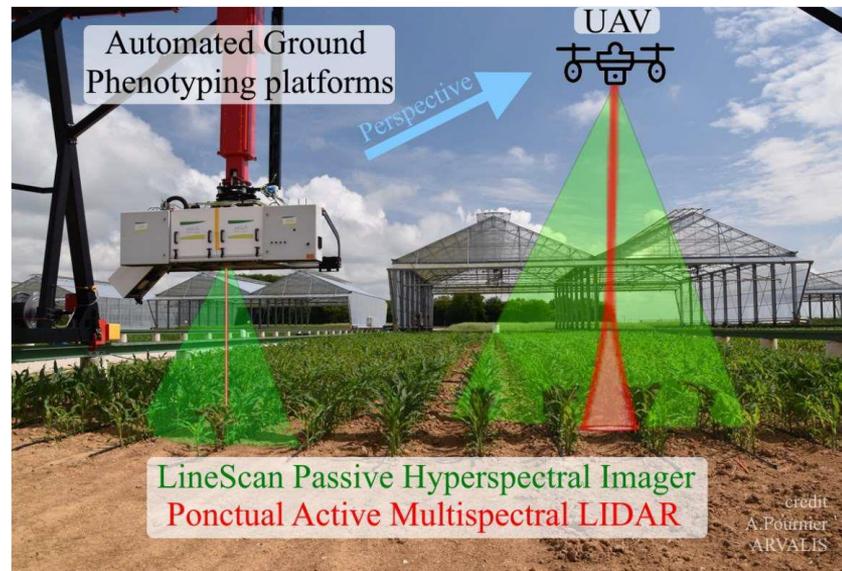
- Maîtrise éclairément ?
- Calibration mesure passive ? Fusion ?
- Auto-suffisant ou avec imageur passif ?

Qualification :

- Comment développer un estimateur d'incertitudes avec 2 capteurs ?

Applications agronomiques :

- Paramètres qualifiés = nouveaux usages dans le domaine du phénotypage ? Monitoring cultures ?
- Apport aux modèles agro ?



Qualiphen - WPs

WP1 : Caractérisation instrumentale de capteurs hyperspectraux passif et actif

Caractérisation des sources de bruit capteurs

WP2.A : Inversion du modèle de transfert radiatif sur couvert végétal

Estimation des propriétés du couvert végétal (Chl, LAI, pigments, eau, etc)
par imagerie hyperspectrale active et passive

WP2.B : Propagation des incertitudes à partir des capteurs hyperspectraux passif et actif

Qualification des estimations

WP3 : Evaluation expérimentale Phenofield sur cultures de maïs

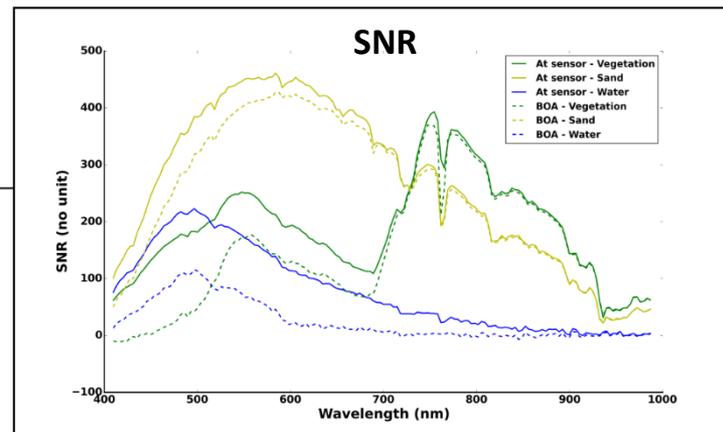
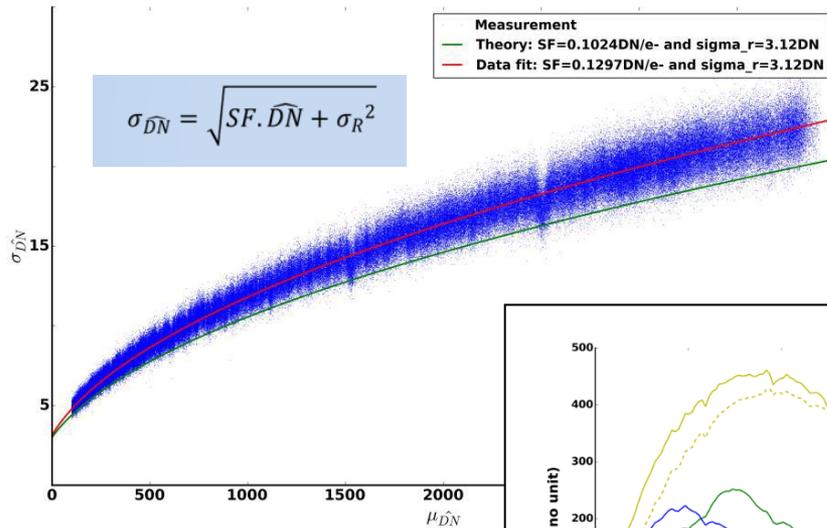
WP4 : Evaluation de l'apport de la mesure qualifiée dans les modèles agronomiques

WP1 – Caractérisation instrumentale imageur passif



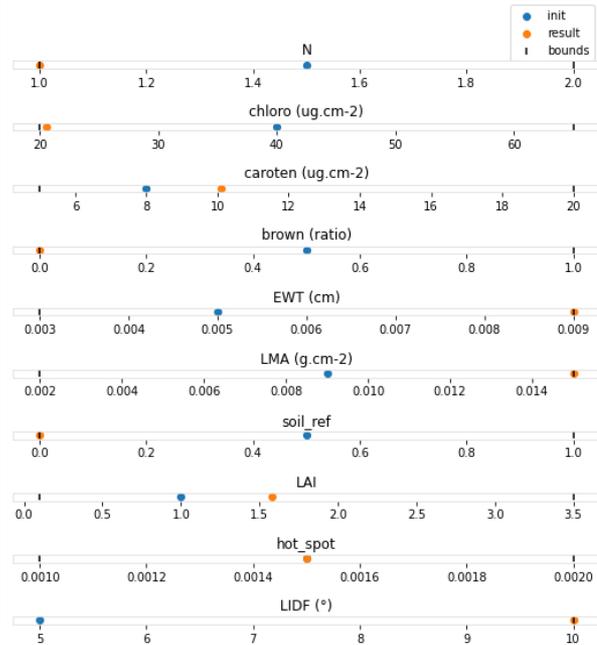
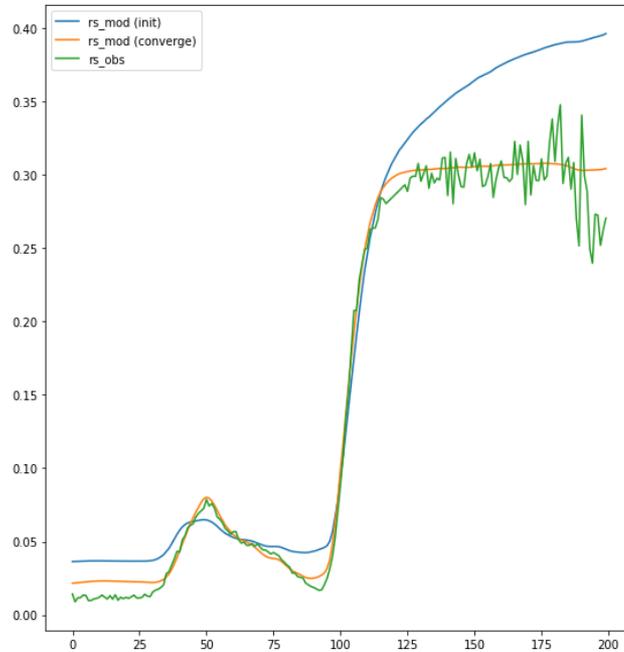
Sources de bruit :

- Bruit capteur
- Lumière parasite externe (stray light)
- Bruit de courant noir
- Bruits de lecture (quantification)
- Couplage inter-bandes (optique et électrique)



WP2.A - Inversion MTR

Mise en place inversion PROSAIL par optimisation sur données Hypspex



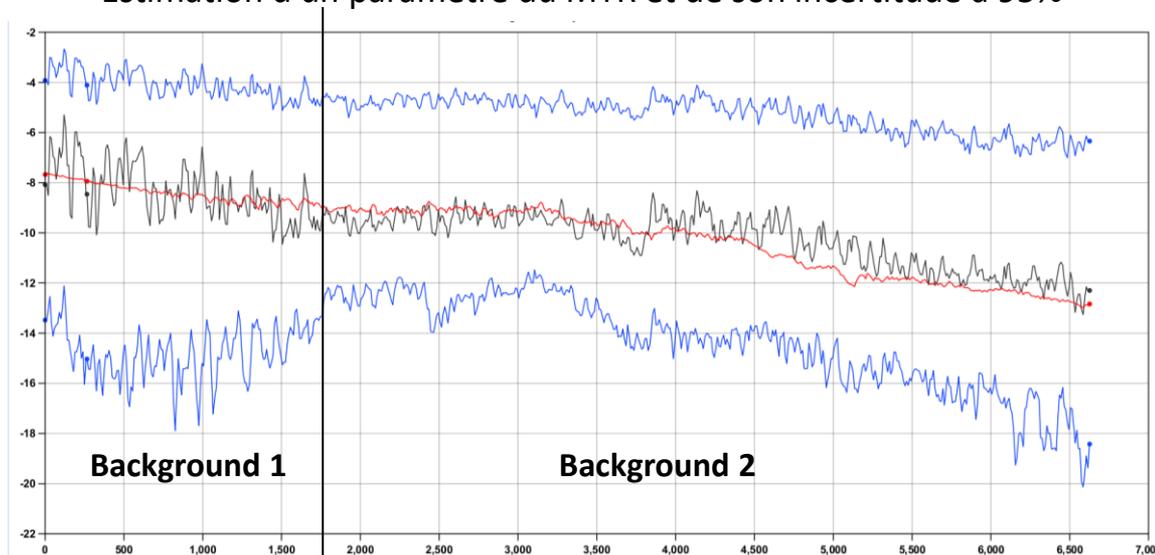
WP2.B - Propagation des incertitudes

Incertitudes :

A quoi veut-on arriver ?

➔ Noter le comportement asymétrique de l'intervalle de confiance à cause de la non linéarité du MTR

Estimation d'un paramètre du MTR et de son incertitude à 95%

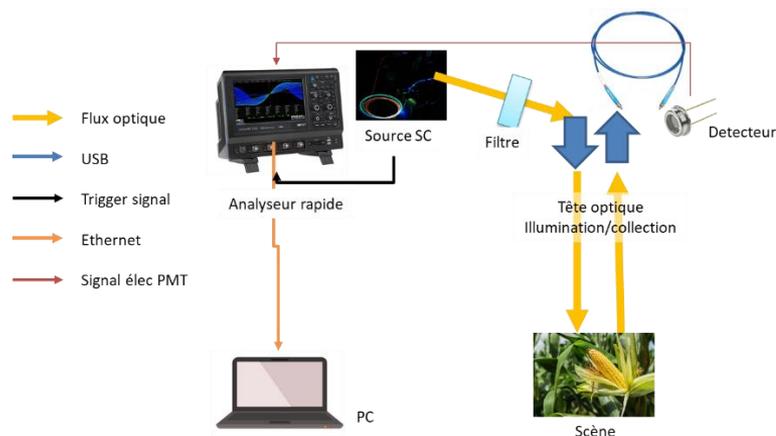


- Rouge : Paramètre mesuré (VT)
- Noir : Paramètre estimé (inv. MTR)
- Bleu : Bornes estimées de l'incertitude à 95%

Source : [Bathysat](https://www.bathysat.com)®

WP3 – Expés : prototypage capteur actif

Montage en mesures panchromatique



PRF 25 KHz, pulse 1.2 ns

TI 16000 pulses : 15 sec.

Pmoy : 300 mW

Faisceau : 1.5 à 20cm

Filtres 15nm FWHM : 450, 530, 570, 680, 730, 750, 850 nm

Source supercontinuum fabriquée à Photonics Bretagne fibrée (450 – 2500nm)

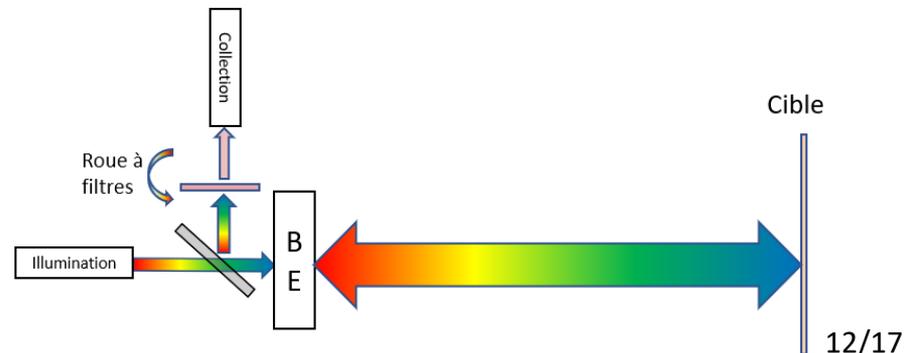
Miroirs paraboliques

Expandeur de faisceau : Lentille de Fresnel, Lentille biconvexe

Photodiode à avalanche

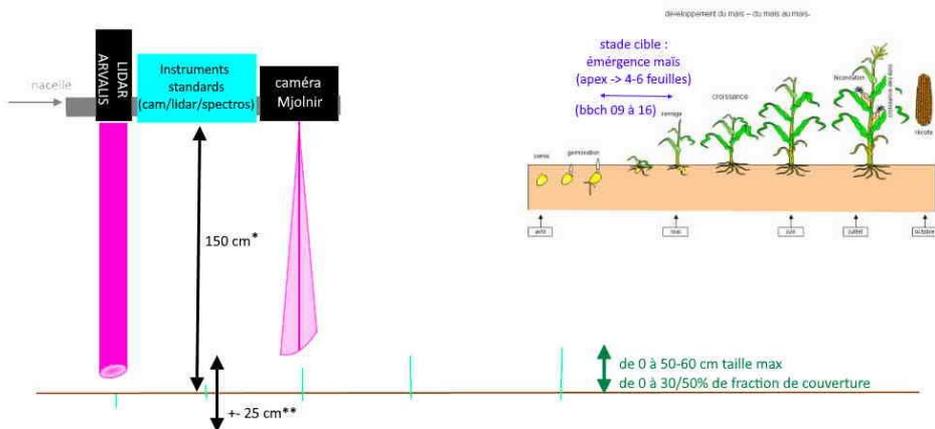
Configuration mono-statique retenue

(simplicité matérielle, indépendance à la distance de mesure)

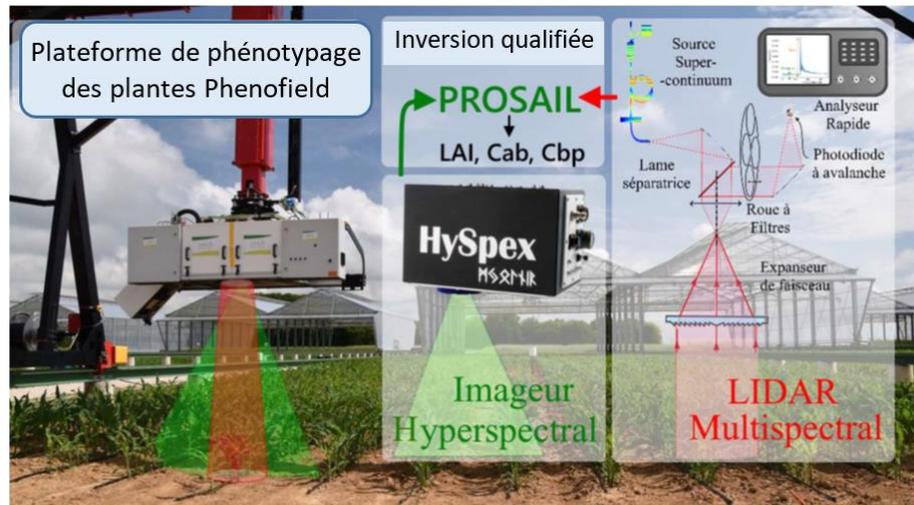


WP3 – 1ères expérimentations Phenofield Printemps 2022

Modes : Narrow : 2cm; Wide : 18cm
 Mesures (DC + R) * 6 λ * 1000pulses ~ 15 mins
 5 μ parcelles, 3 zones d'intérêt = 15 stations



* réglage de la hauteur de mesure : 150 cm de la moitié du couvert.
 ** profondeur de champs de vue à atteindre



Dates mesures : 04-06/05
 11-12/05
 23-24/05

WP3 – 1ères expérimentations Phenofield Printemps 2022



Installation des instruments dans la nacelle

WP3 – 1ères expérimentations Phenofield Printemps 2022



Vue du dessous

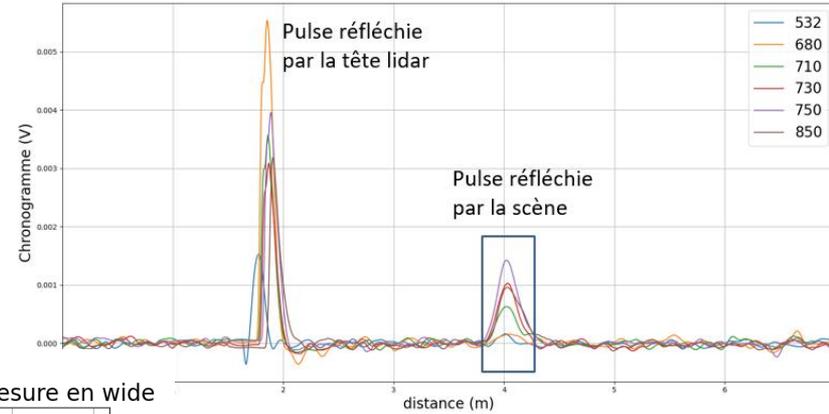


Stade Maïs – 1^{ère} expé 05/05

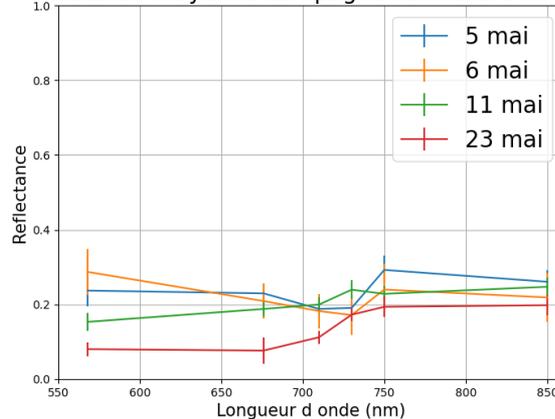
WP3 – 1ères expérimentations Phenofield Printemps 2022



Ex. de waveforms



Reflectance moyenne campagne de mesure en wide



Réflectance moyenne
aux 4 dates
Mode wide

La suite

06/2022 → 09/2023

- WP1** Modèle de bruit capteur actif
- WP2.A** Inversion couplée Actif / passif
- WP2.B** Propagation des incertitudes
- WP3** Analyse des données Expés 2022
Expés 2023
- WP4** Etude apport modèles agros





Merci de votre attention

marc.lennon@hytech-imaging.fr

