

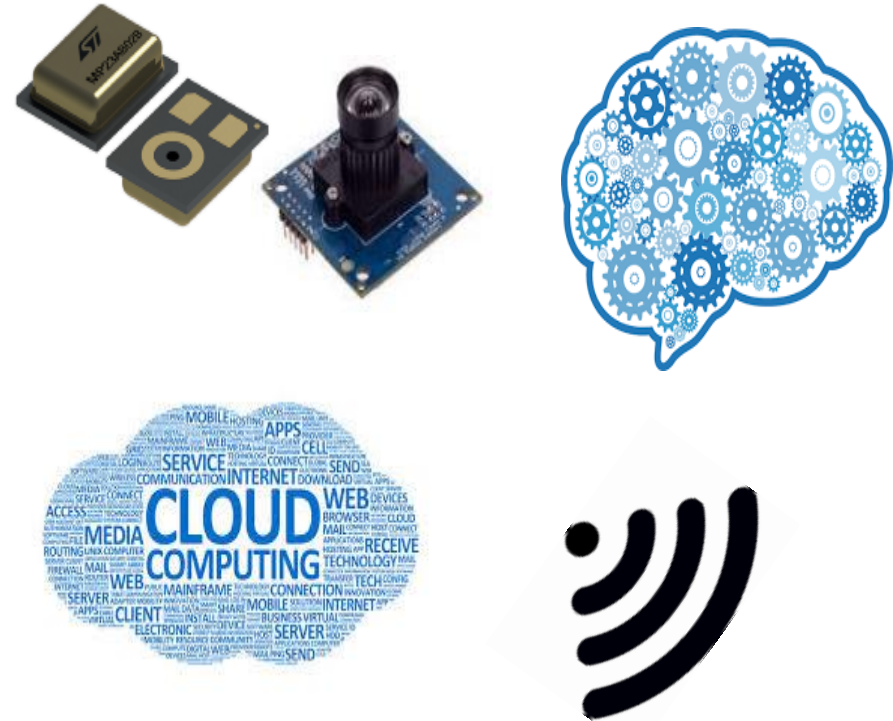
# Les capteurs au service de l'agriculture

B. de Solan  
ARVALIS – UMT CAPTE  
b.desolan@arvalis.fr

**Des enjeux et contraintes croissants pèsent sur l'agriculture**



**Dans un contexte de transformation digitale du monde**



**“The second green revolution will likely be catalyzed by the set of connected technologies collectively called the Internet of Things (IoT)” (Deloitte Review)**

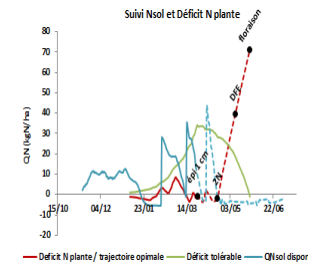
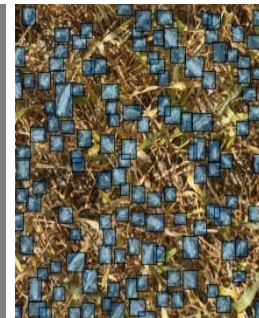
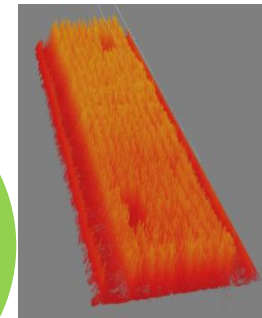
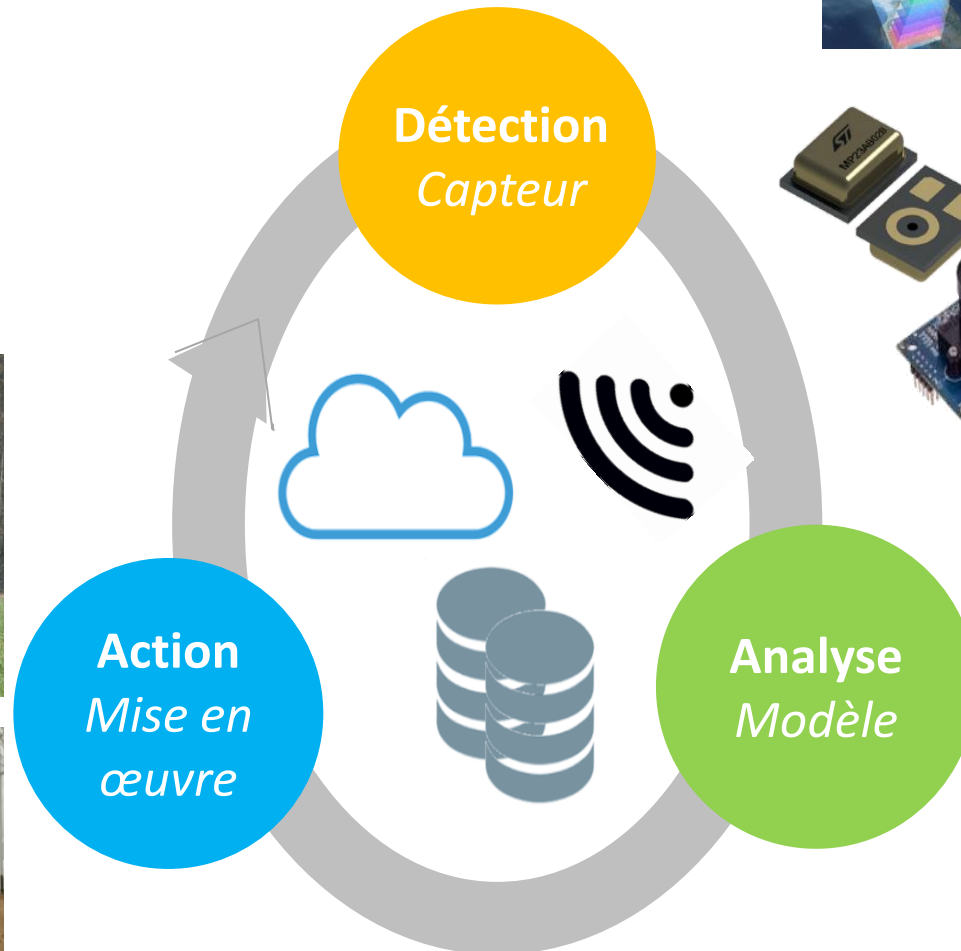
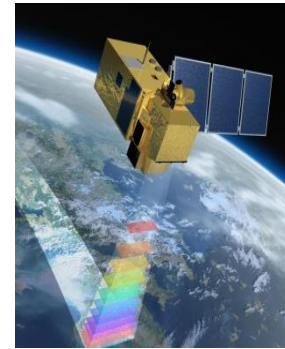
# Les capteurs : quelles applications ?

- **Aide à la sélection** (phénomique) : étude du lien entre les gènes et le phénotype. Démarche rigoureuse de caractérisation des liens entre traits et gènes / allèles.
- **Aide à l'expérimentation** : étude des performances de pratiques agronomiques (intrants, système de culture, ...)
- **Aide à la décision** (Smart Agriculture) : caractérisation de l'état des cultures au cours de la saison pour ajuster les préconisations, déclencher des alertes, etc.



**Les capteurs permettent de disposer des observations nécessaires avec les résolutions spatiales et temporelle nécessaires**

# Les capteurs : un maillon de la transformation digitale


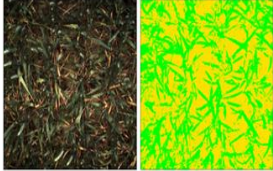



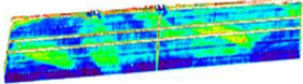

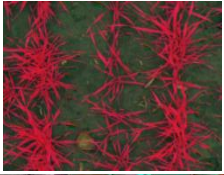

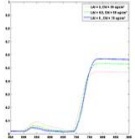


# Les principaux capteurs optiques

## Une mesure de l'interaction lumière / végétation

- **Transducteur** : surface sensible à un grandeur physique (lumière, pression, température, ...) qui produit un signal électrique en fonction de son intensité
- **Convertisseur** : transforme le signal analogique (continu : tension) en signal numérique (discret : 00100111)
- **Intelligence**, contrôle, interface (CPU)
- **Communication** (USB)
- **Stockage** (carte SD)
- **Energie** (batterie, panneau solaire)
- L'homme est un capteur



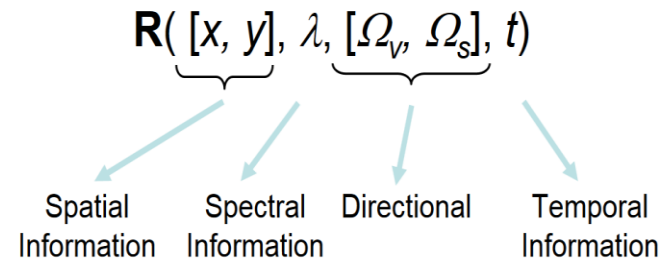
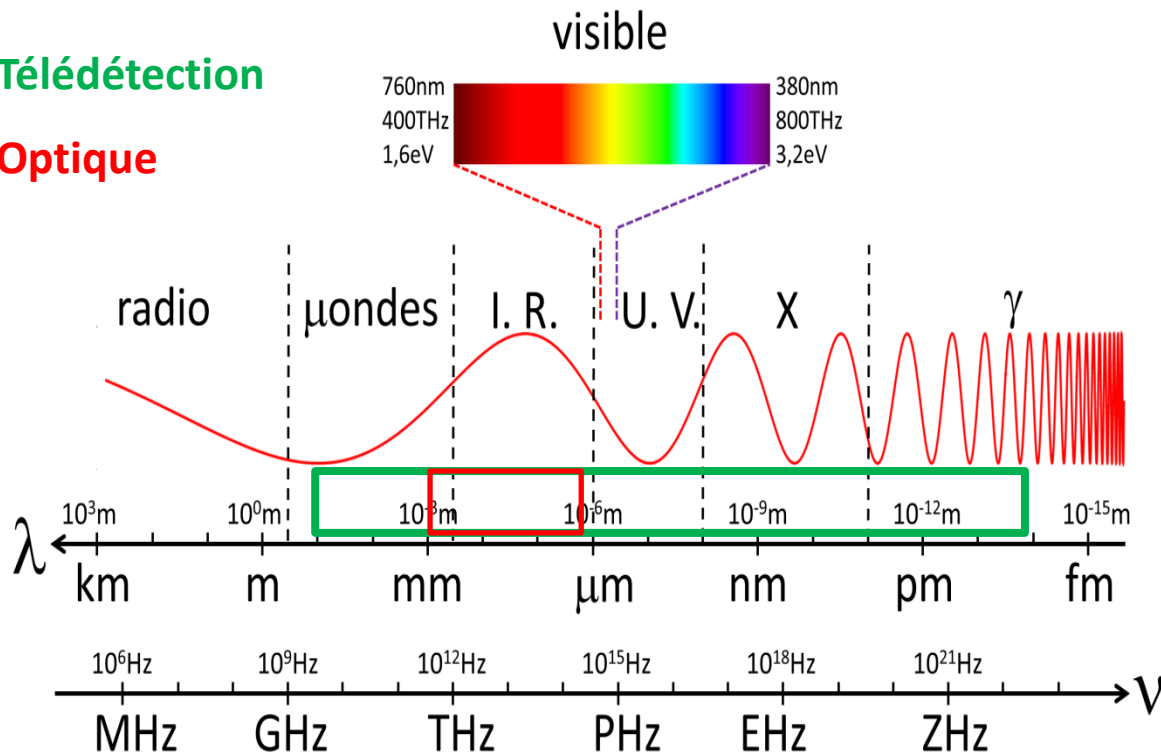
			Utilisations
	Camera haute résolution/RVB		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification adventices</li> <li>• Enherbement</li> <li>• Taux de couverture verte</li> <li>• Développement foliaire</li> <li>• Comptage de plante</li> <li>• Dégâts de nuisibles</li> <li>• Biomasse, risque de verse</li> </ul>
	LIDAR Mesure de distance et profondeur		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure</li> <li>• Port du couvert</li> <li>• Interception lumineuse</li> <li>• Expérimentation</li> </ul>
	Caméra IR thermique		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Température de surface</li> <li>• Stress hydrique</li> <li>• Pilotage de l'irrigation</li> </ul>
	Camera multispectrale		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Développement</li> <li>• Statut azoté/chlorophylle</li> <li>• Stress</li> <li>• Pilotage de l'azote</li> </ul>
	Spectromètre		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorophylle/statut azoté</li> <li>• Stress (hydrique, ...)</li> <li>• Développement</li> <li>• Composés de la plante</li> </ul>

# Voir au-delà du visible

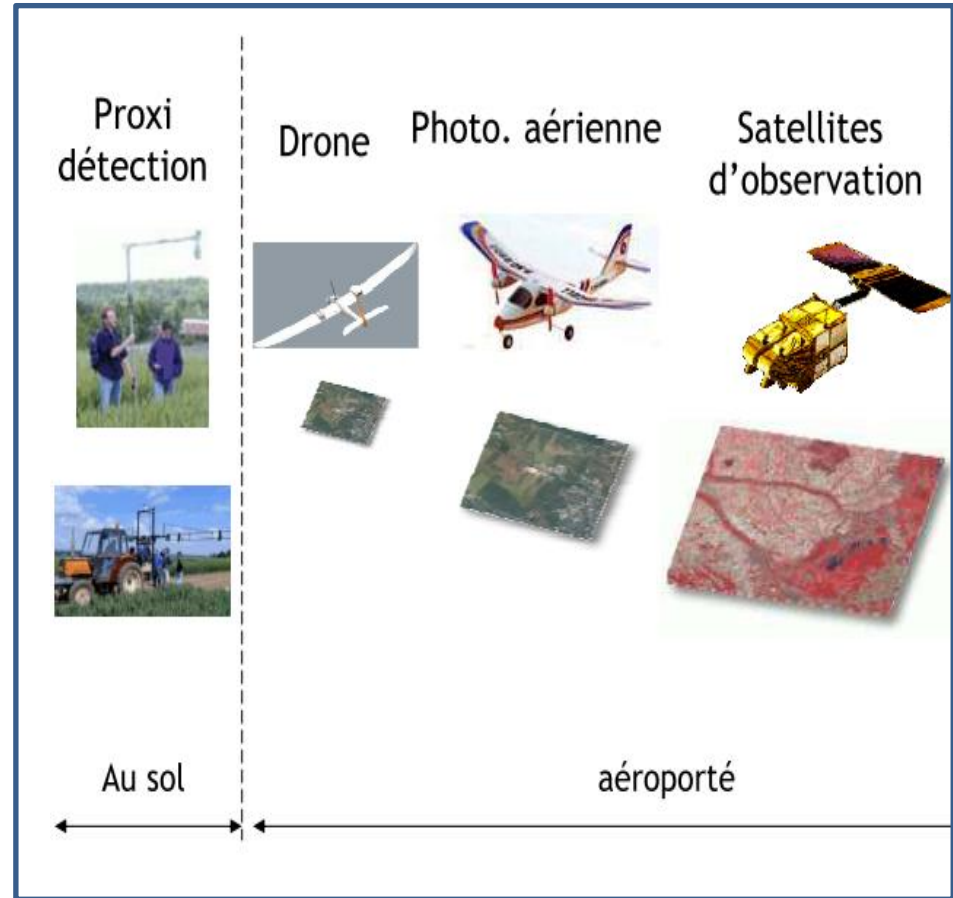
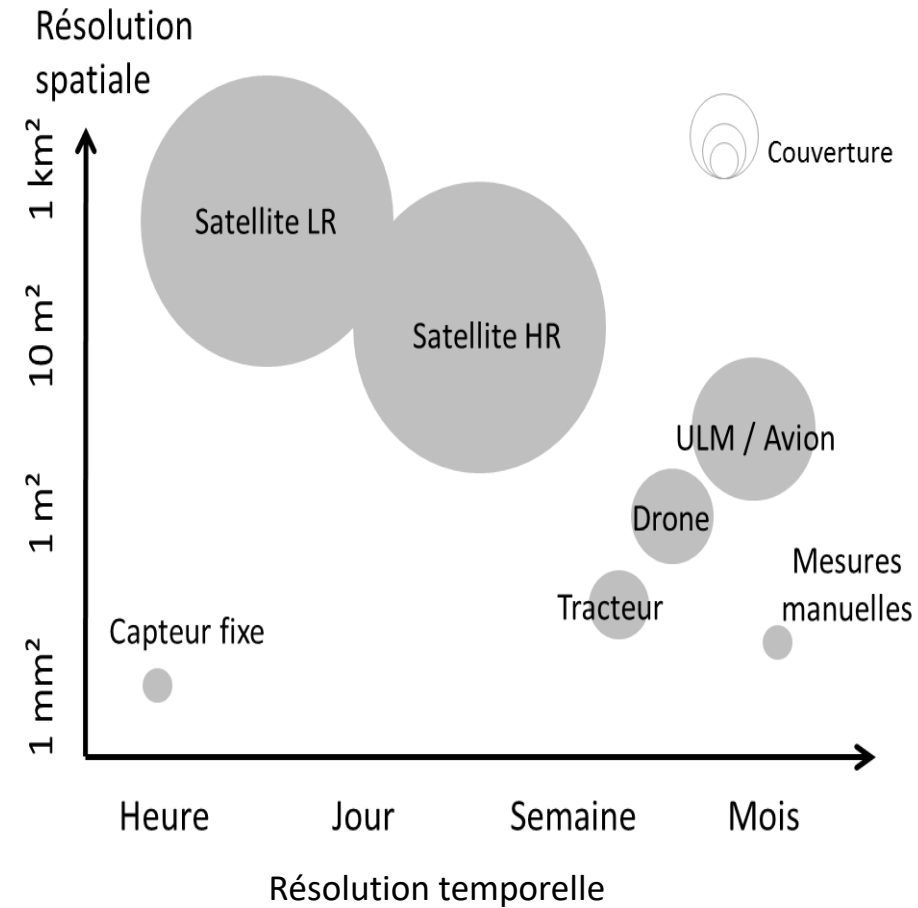
La télédétection est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci.

Télédétection

Optique



# Du capteur au système d'acquisition



**Un compromis technico-économique et une forte complémentarité**

# Du capteur au système d'acquisition

Field IoT

*Suivi local de  
la culture*

Greenseeker

*Mesure  
manuelle*

Phenomobile

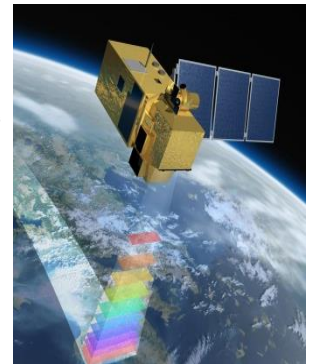
*Robot de  
phénotypage*

AIRPHEN

*Suivi par  
drone*

Sentinel-2

*Satellite  
d'observation*



**BOSCH** 

 **Trimble**

**ARVALIS**  
Institut du végétal

 **hi-phen**  
INTEGRATED PLANT PHENOTYPING SYSTEMS

 **esa**

European Space Agency

 **INRA**  
SCIENCE & IMPACT



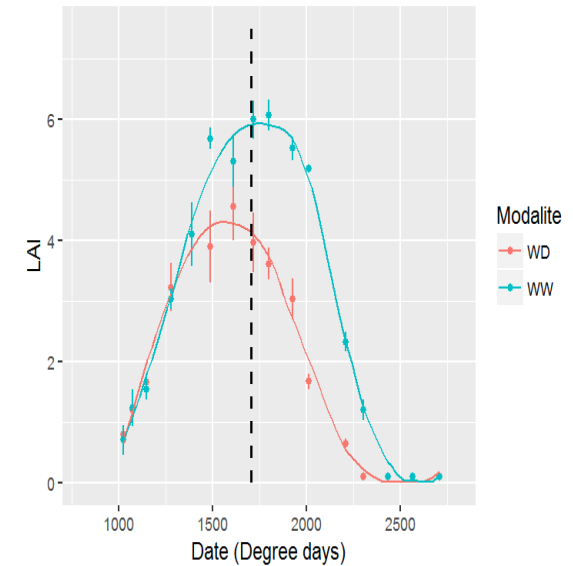
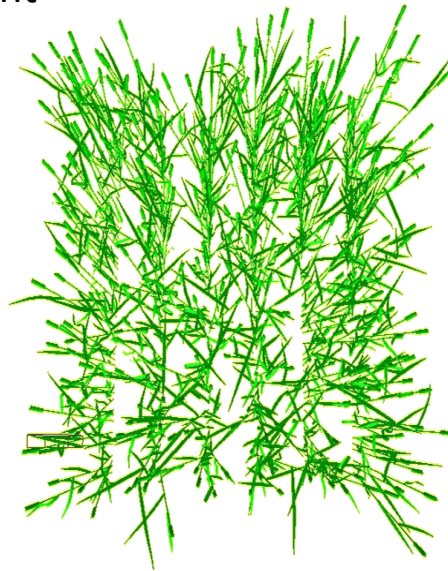
# Quelles variables sont accessibles ?

## A l'échelle du « m<sup>2</sup> moyen »

**Variables d'état, qui intègrent les processus biochimiques sur un pas de temps journalier**

**Accès au fonctionnement en analysant l'évolution temporelle de ces variables**

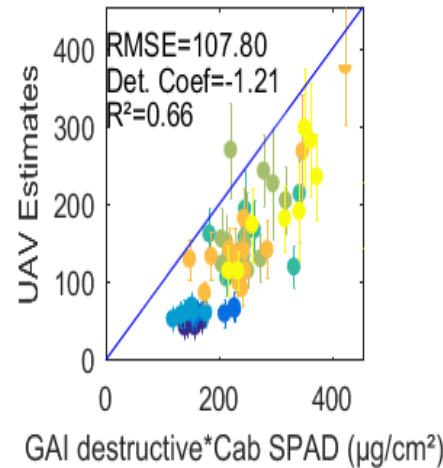
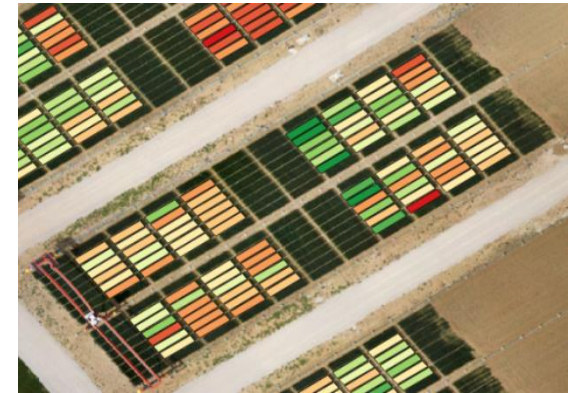
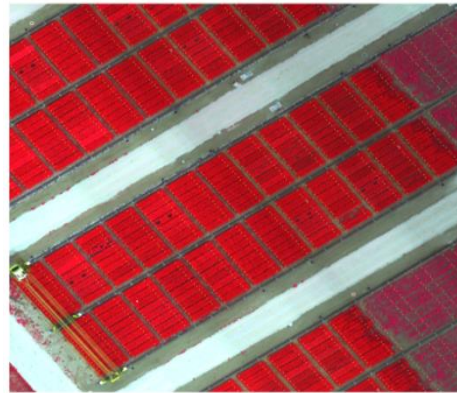
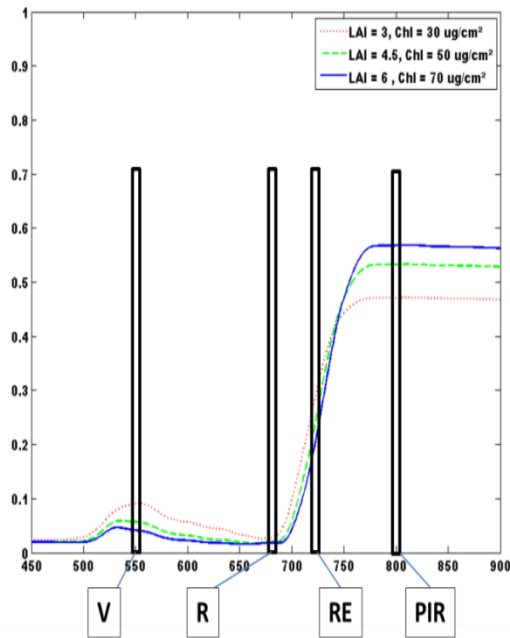
- Architecture de la culture
  - Hauteur
  - Surface foliaire, taux de couverture
  - Interception du rayonnement
- Biochimie
  - Contenu en chlorophylle
  - Suivi de la sénescence
- Comptages
  - Nombre de plantes
  - Nombre d'épis
- Stress biotiques :
  - Maladies
  - Adventices



# Traitement des données

## Analyse spectrale

- On mesure la réflectance : proportion de lumière réfléchiée par la surface d'un matériau

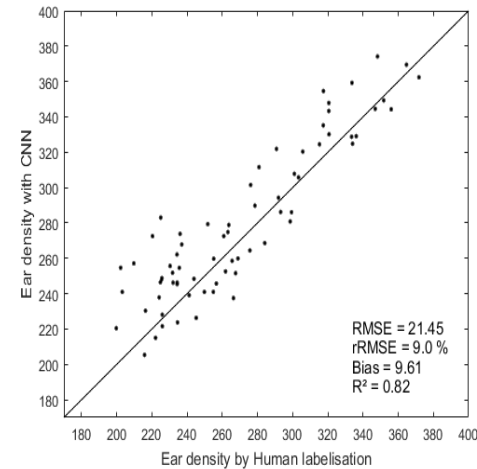
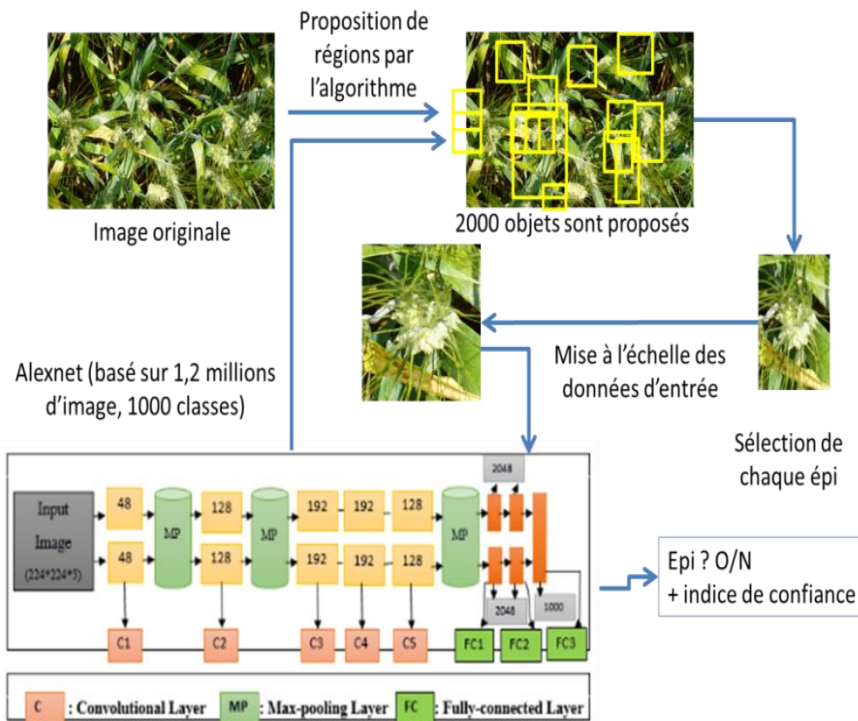
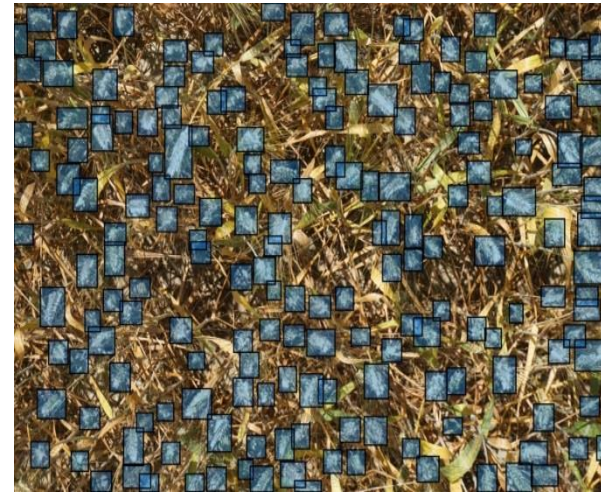


La chlorophylle est le pigment le plus visible.

M. Weiss, 2016

# Traitement des données

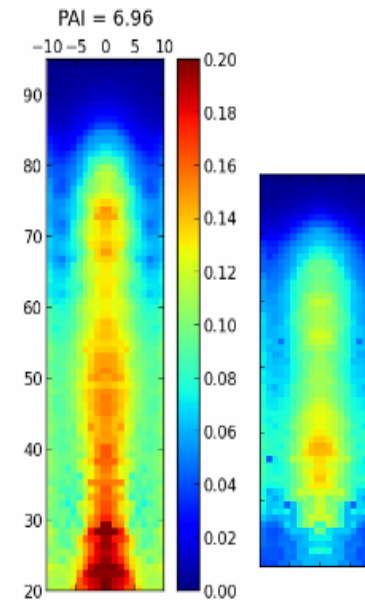
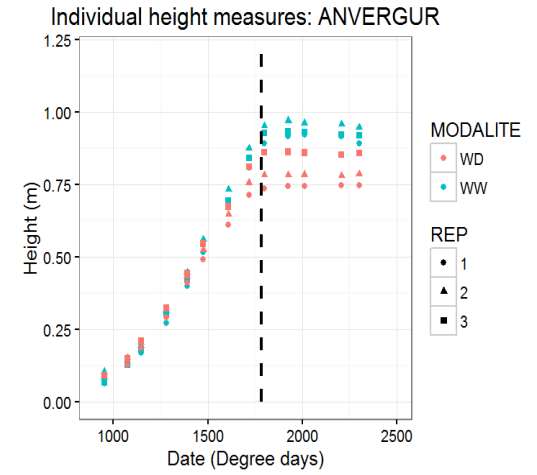
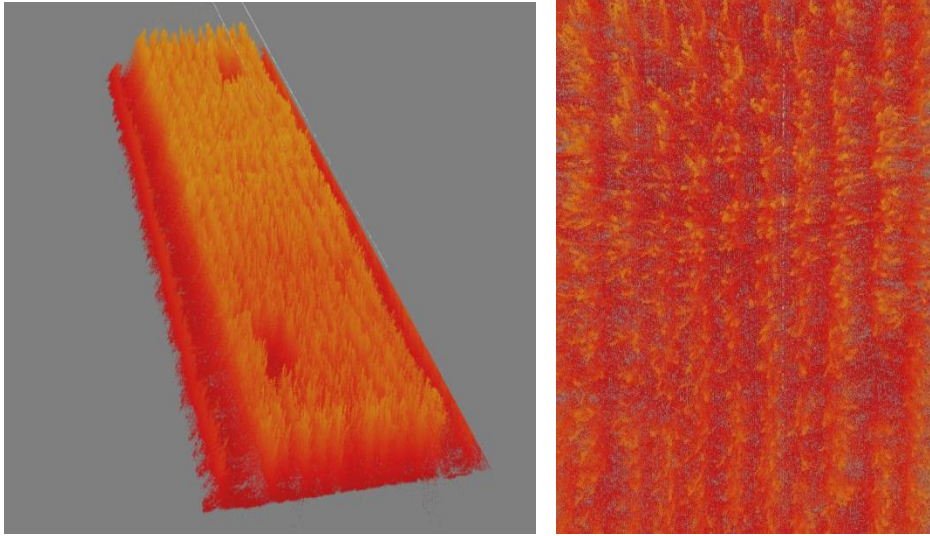
## Vision artificielle / Deep learning



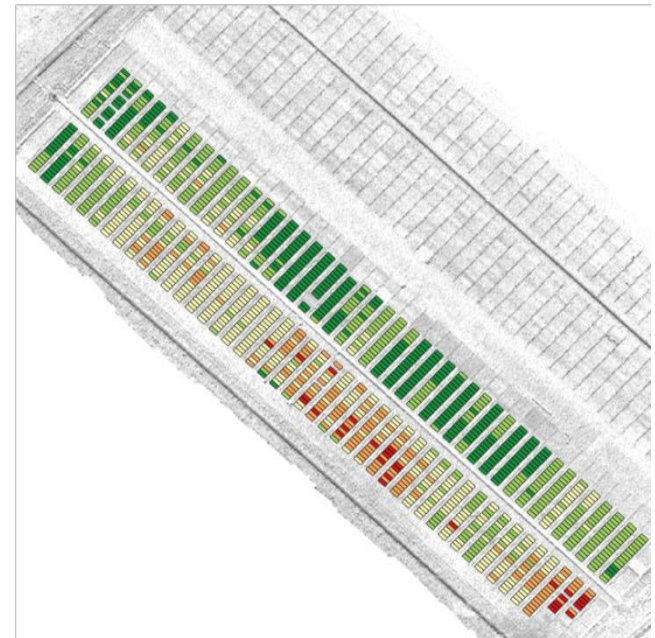
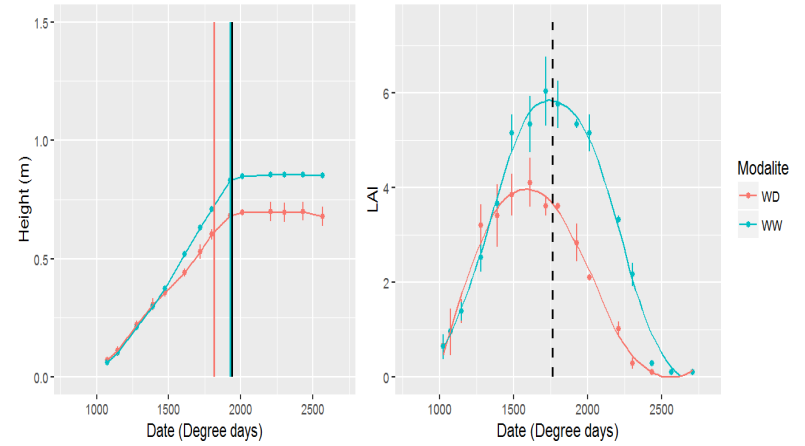
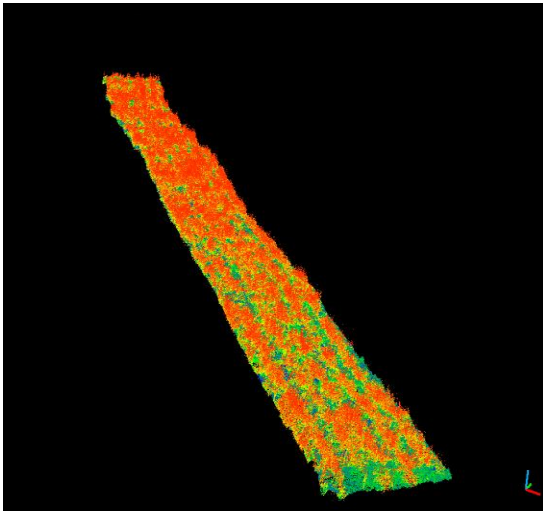
S. Madec, et al. 2018

# Traitement des données

## Analyse 3D

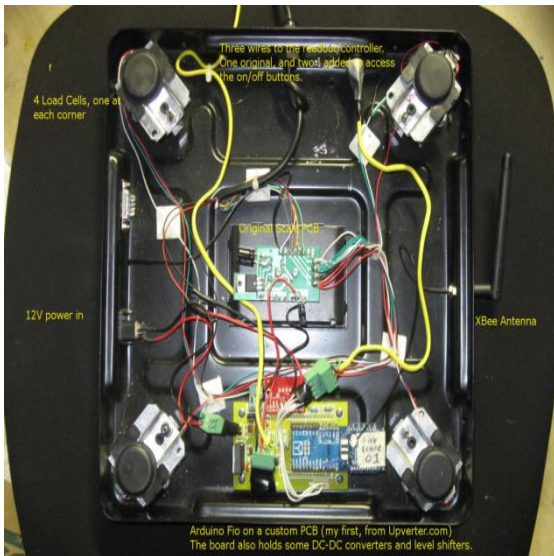


# Applications – Aide à l'expérimentation

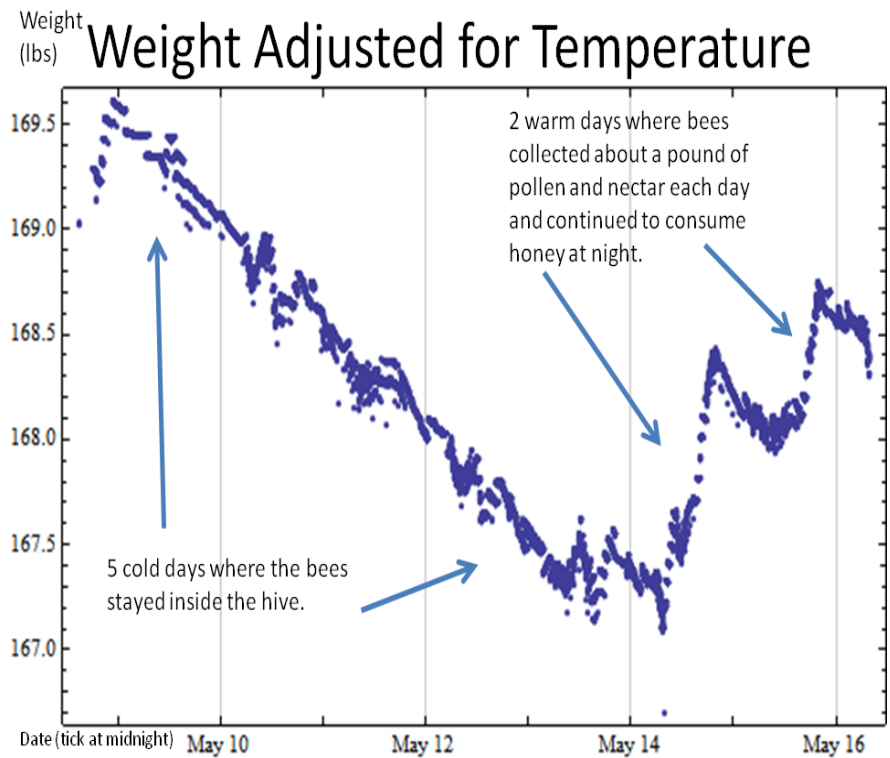


# Applications

## Suivi de l'activité des ruches

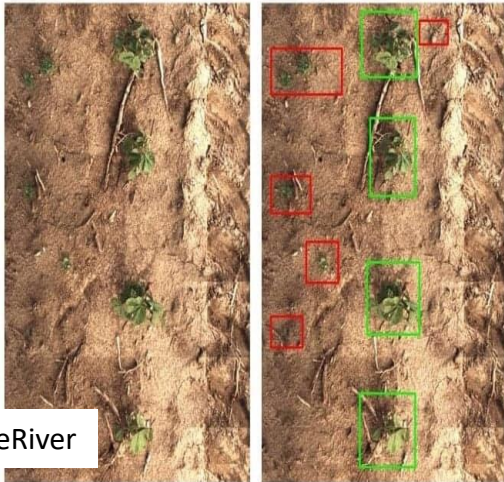


Hackerbee.com



<https://hackaday.io/project/1741-honeybee-hive-monitoring>

# Applications – Aide au désherbage



BlueRiver



BlueRiver



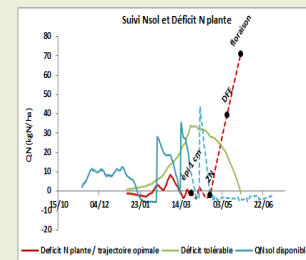
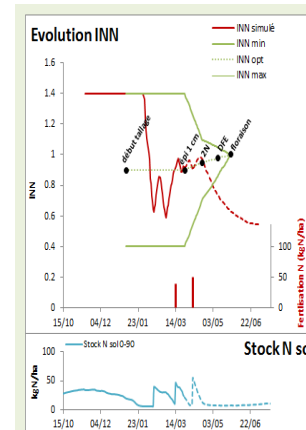
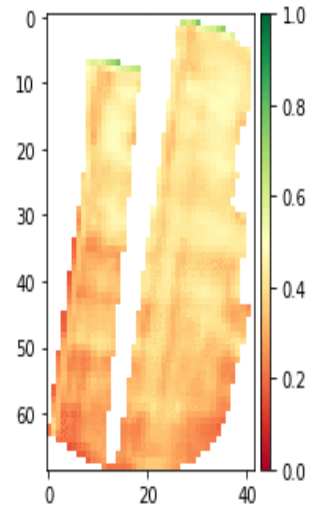
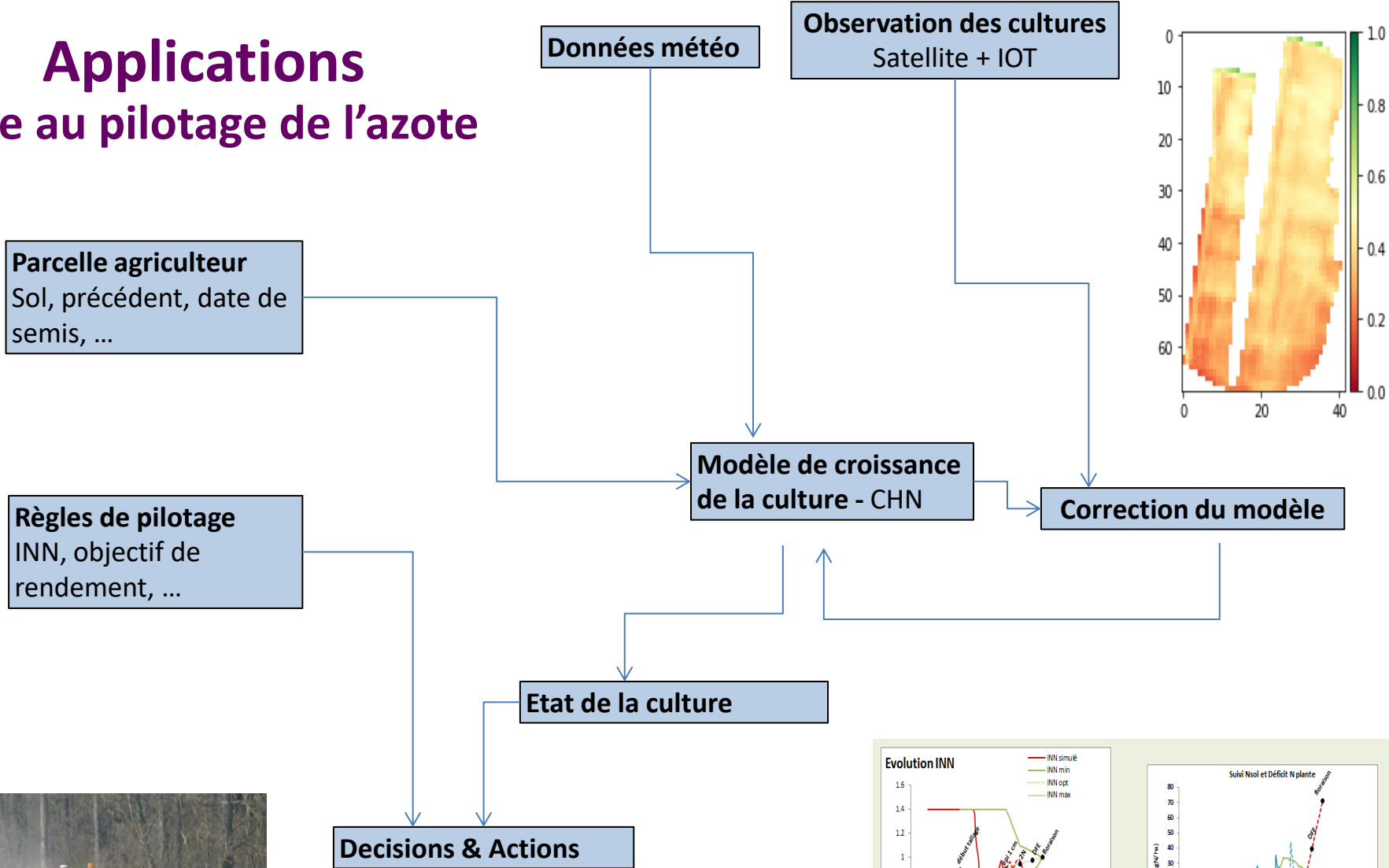
Steketee



Ecorobotix

# Applications

## Aide au pilotage de l'azote



Calcul d'indicateurs :

kgN absorbé / jour (dans les 10)	2.5	kgN/ha/j
Date franchissement INN min	02/05/2018	
Date épuisement Nsol	31/03/2018	
Prochain rendez-vous	2N	18/04/2018
Déficit au prochain rendez-vous	<0	kgN/ha



# Perspectives



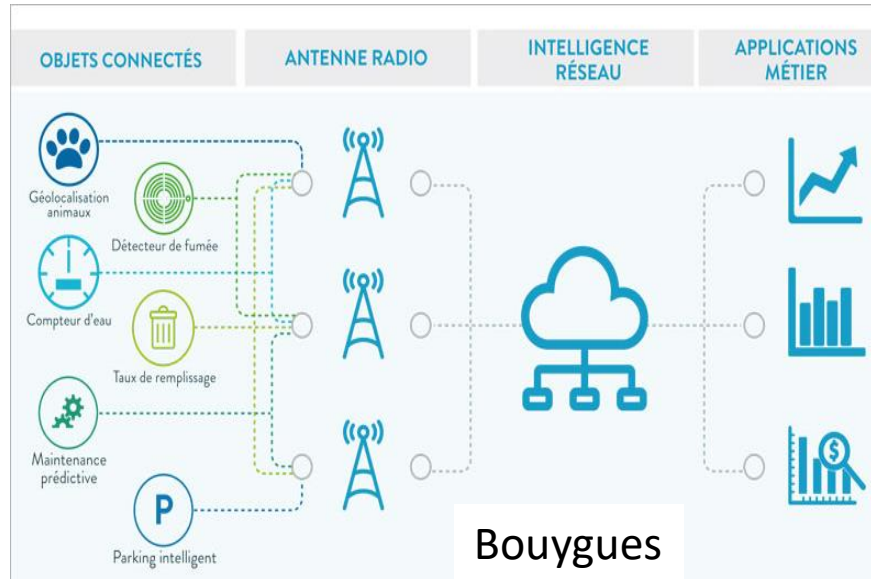
# Détection

- Les méthodes optiques sont bien développées et pertinentes pour le suivi du développement des cultures, des adventices
- D'autres informations (sons, odeurs) sont importantes si intérêt pour les ravageurs et maladies
- Ces variables sont de plus en plus accessibles via des capteurs miniatures (MEMS), développés pour d'autres domaines de valorisation (domotique, santé, etc.)
  - Sons : microphones (3 x 3 mm, 1 €)
  - Analyse de gaz (phéromones des insectes, réaction des plantes vis-à-vis de maladies) : (10 x 10 mm, 15 €)
  - Analyse spectrale (5 x 5 mm, 10 €)



# Transmission / Gestion des données

- L'internet des objets (IoT) apporte un cadre pour la gestion des données capteurs de sources variées et leur traitement.



- De nombreux protocoles de transmission sans fil existent :
  - Bluetooth, Wifi pour courte distance
  - Sigfox, LoRa pour longue distance / faible volume
  - GPRS, 3, 4, 5G pour longue distance / grand volume

# Traitement des données

- Les algorithmes **d'apprentissage et d'intelligence artificielle** apportent une grande puissance dans le traitement de ces données capteurs.
- Les **capacités de calcul et stockage déportés (Cloud)** rendent possible le calcul de volumes très important de données numériques
- Leur analyse et leur valeur ajoutée pour l'agriculteur dépend souvent de leur **intégration dans des modèles agronomiques** plus complexes : on en est au début !
- Au-delà de l'aspect tactique de la détection pour un pilotage en temps réel, **l'accumulation de données d'observation offrent des perspectives pour mieux connaître le fonctionnement des parcelles et des cultures.**

# La place des capteurs dans la chaîne de valeur



**FARM ASSET  
PRODUCTION**



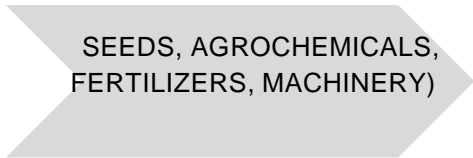
**FARM PRODUCTION**



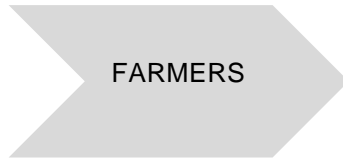
**PROCESSING  
INDUSTRY**



**RETAILER &  
END-CONSUMER**



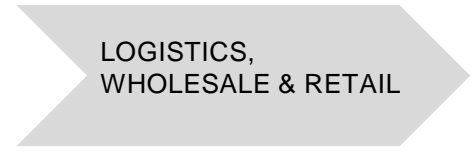
SEEDS, AGROCHEMICALS,  
FERTILIZERS, MACHINERY)



FARMERS



AGRO - INDUSTRIES



LOGISTICS,  
WHOLESALE & RETAIL

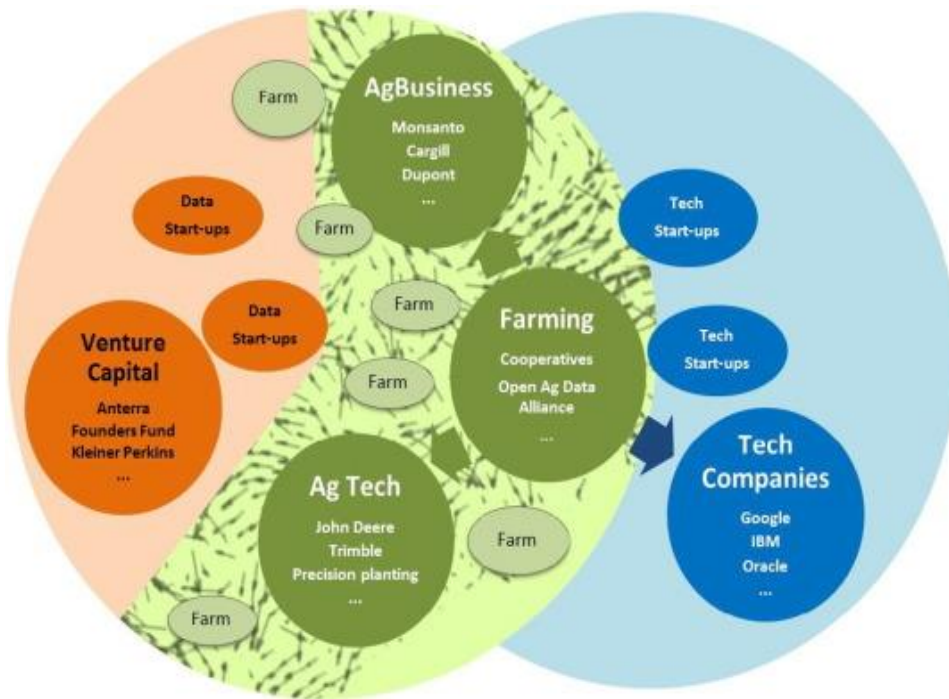


Data production & use

# Vers un écosystème en cours de recomposition

Quelles évolutions pour demain ?

- Une efficacité accrue des modes de production
- Une meilleure traçabilité des produits
- Une intégration de plus en plus poussée des activités et des acteurs, depuis la graine jusqu'au produit vendu
- Une appropriation de ces sources d'information par les producteurs pour adapter leur production au contexte local



Merci pour votre attention

RED PACA - Avignon, 17/10/2018

*Les capteurs au service de l'agriculture*

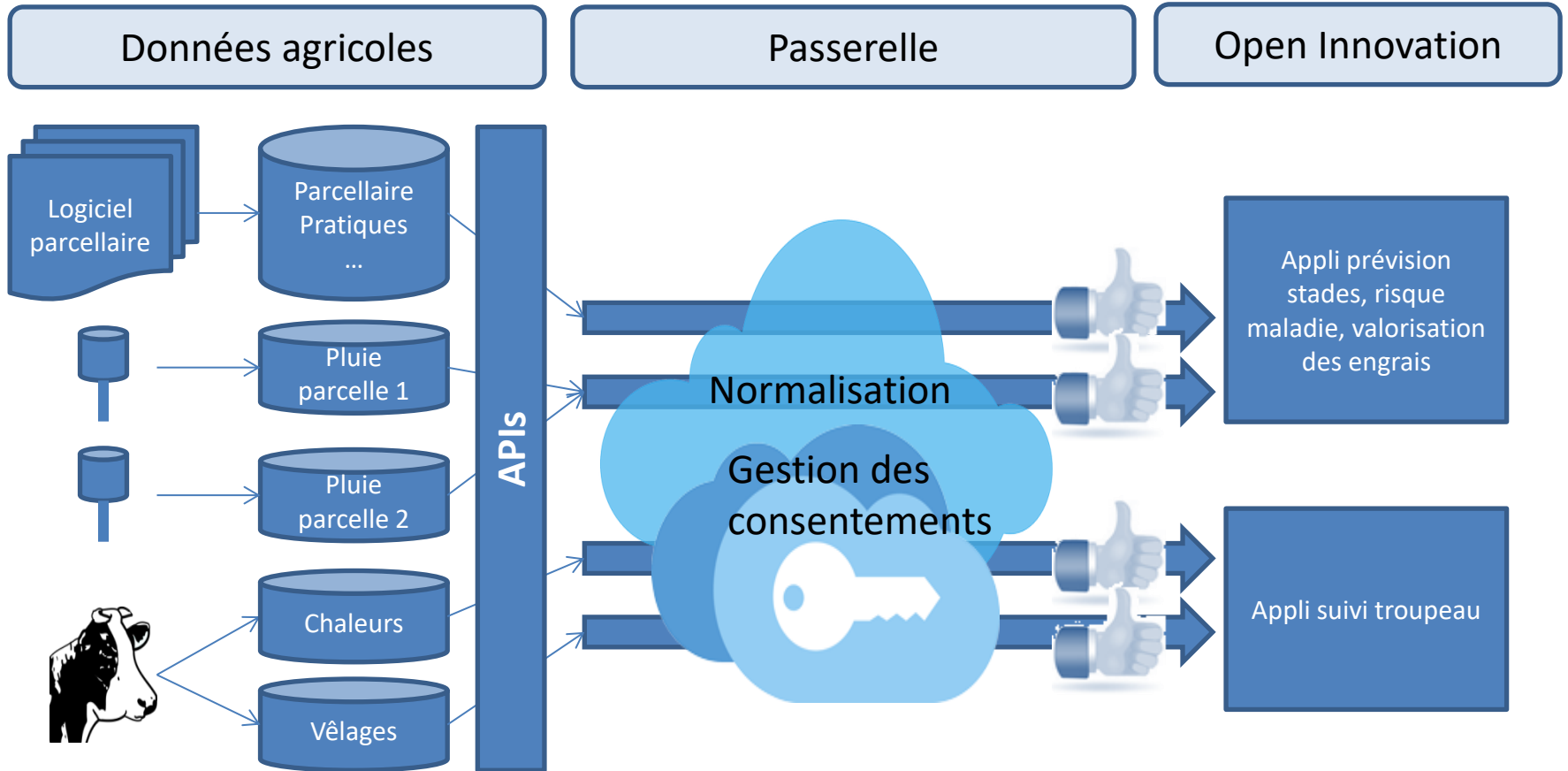
B. de Solan, F. Baret, A. Comar et al.

[b.desolan@arvalis.fr](mailto:b.desolan@arvalis.fr)

ARVALIS  
Institut du végétal



# Un préalable : travailler la chaîne de confiance



La donnée est l'expression d'une information. **Ce n'est pas un sujet du droit de propriété**  
**Mais des univers de droits peuvent s'appliquer** (caractère personnel, propriété intellectuelle)