



# Imagerie et réseaux de capteurs pour la recherche en santé des plantes : tour d'horizon des travaux menés dans l'équipe Démécologie et perspectives

3e Carrefour Plants de Pomme de Terre, 14 & 15 octobre 2020

Melen Leclerc, Lydia Bousset, Christophe Langrume, Stéphane Jumel,  
Marcellino Palerme, Nicolas Parisey

INRAE UMR IGEPP



# Contexte

- ▶ Outils numériques & agriculture :
- Thématique en plein essor (recherche fondamentale & finalisée, appui à la production ...)
- Nécessité de s'appropriier les outils (utilisation pratique, esprit critique ...)



# Contexte

- ▶ Outils numériques & agriculture :
  - Thématique en plein essor (recherche fondamentale & finalisée, appui à la production ...)
  - Nécessité de s'appropriier les outils (utilisation pratique, esprit critique ...)
- ▶ Equipe *Dynamique - Evolution - Modélisation - Ecologie* (UMR IGEPP) :
  - Appropriation d'outils numériques (i.e. imagerie & réseaux de capteurs) pour nos recherches (écologie, épidémiologie)

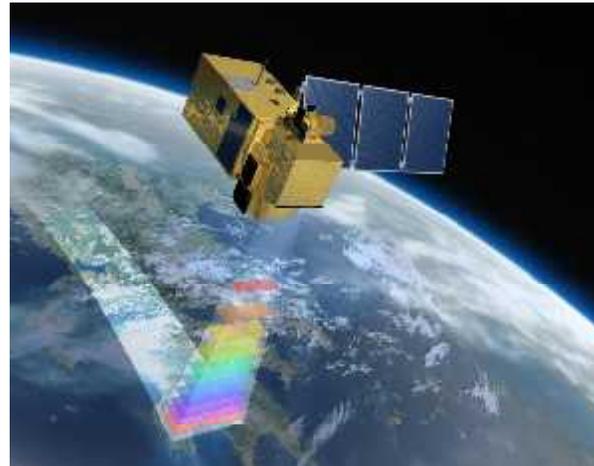
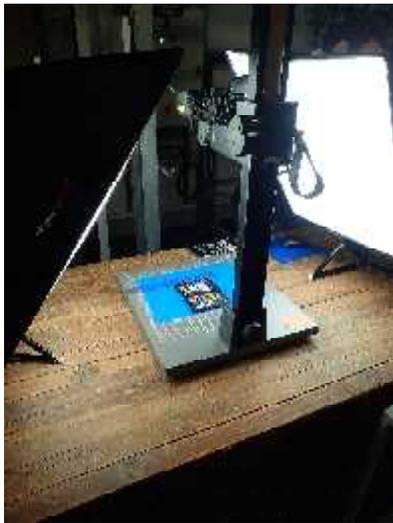
# Contexte

- ▶ Outils numériques & agriculture :
  - Thématique en plein essor (recherche fondamentale & finalisée, appui à la production ...)
  - Nécessité de s'appropriier les outils (utilisation pratique, esprit critique ...)
- ▶ Equipe *Dynamique - Evolution - Modélisation - Ecologie* (UMR IGEPP) :
  - Appropriation d'outils numériques (i.e. imagerie & réseaux de capteurs) pour nos recherches (écologie, épidémiologie)
- ▶ Objectifs de la présentation

# Contexte

- ▶ Outils numériques & agriculture :
  - Thématique en plein essor (recherche fondamentale & finalisée, appui à la production ...)
  - Nécessité de s'appropriier les outils (utilisation pratique, esprit critique ...)
  
- ▶ Equipe *Dynamique - Evolution - Modélisation - Ecologie* (UMR IGEPP) :
  - Appropriation d'outils numériques (i.e. imagerie & réseaux de capteurs) pour nos recherches (écologie, épidémiologie)
  
- ▶ Objectifs de la présentation
  - tour d'horizon (non exhaustif) de travaux basés sur l'imagerie & les réseaux de capteurs
  - retour d'expérience sur la thématique

# Imagerie quantitative et recherche en santé des plantes



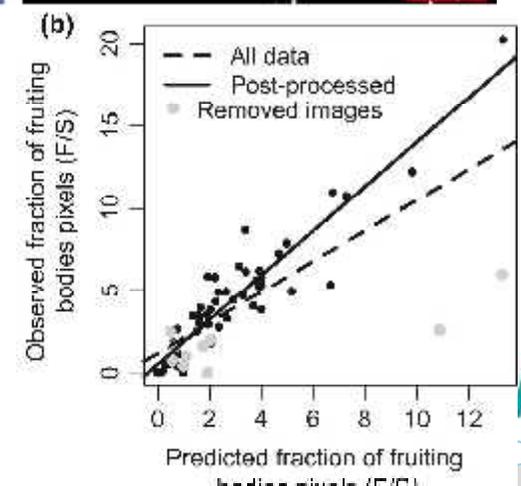
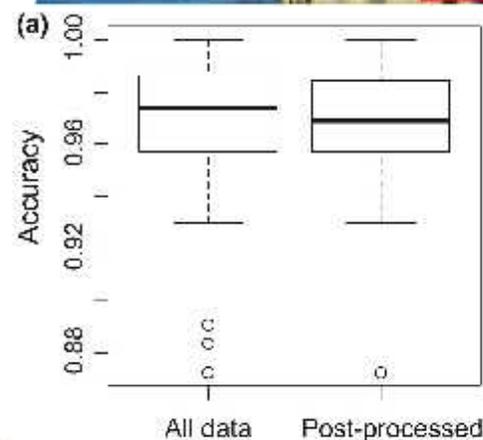
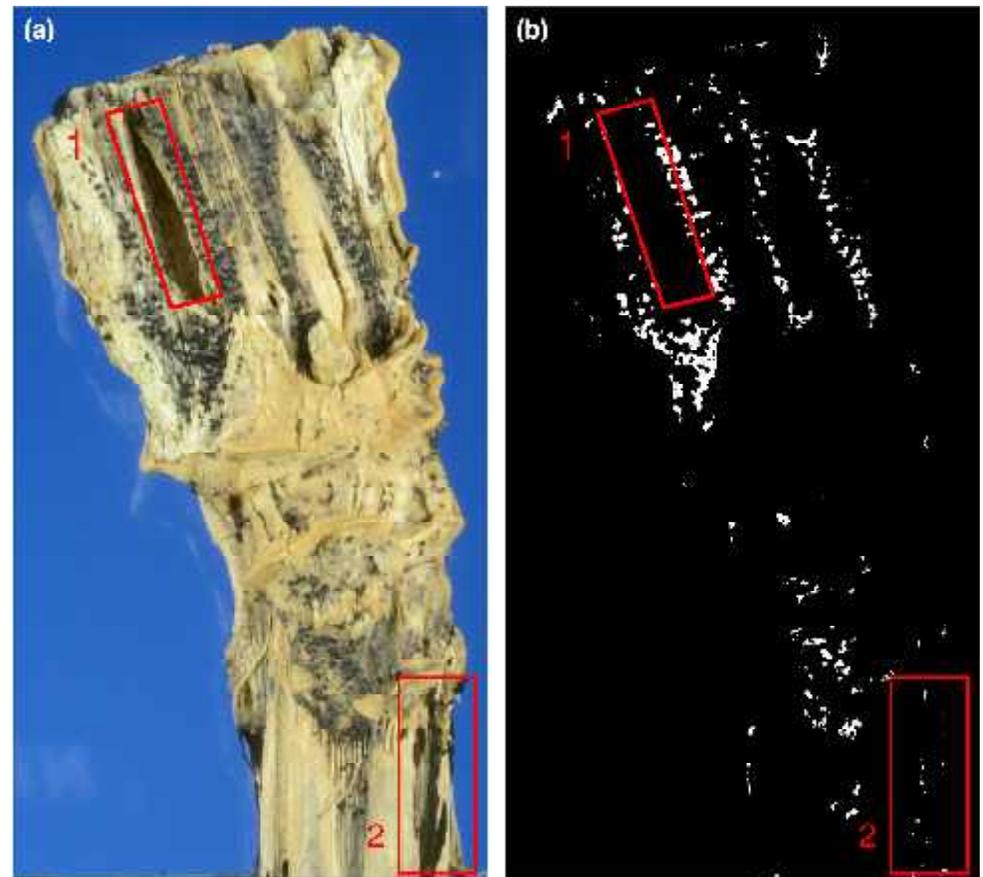
# Identification automatique d'espèces

- ▶ Identification d'espèces de quarantaine :
  - *Globodera pallida* & *Globodera rostochiensis*
- ▶ Collaboration IGEPP - ANSES - Labri
- ▶ Microscopie + annotations (landmarks)
- ▶ Deep learning + statistiques
- Détection automatique des espèces



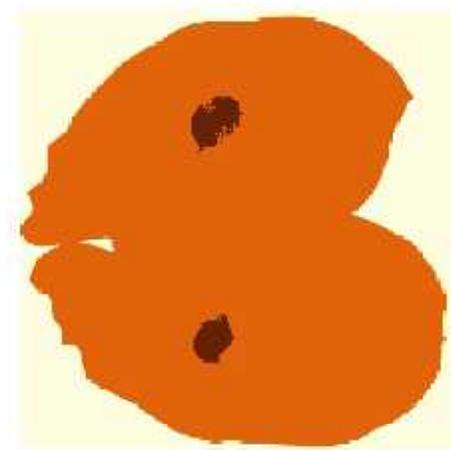
# Quantification de pathogènes

- ▶ Fructifications de *Leptosphaeria maculans* sur résidus de colza
- ▶ Images RGB + annotations manuelles (81 images)
- ▶ Segmentation supervisée (machine learning)
- Segmentation automatisée des fructifications
- ↗ du débit (2540 images traitées)
- ↗ de la quantité de données pour l'analyse des effets (variété, année, fertilisation)



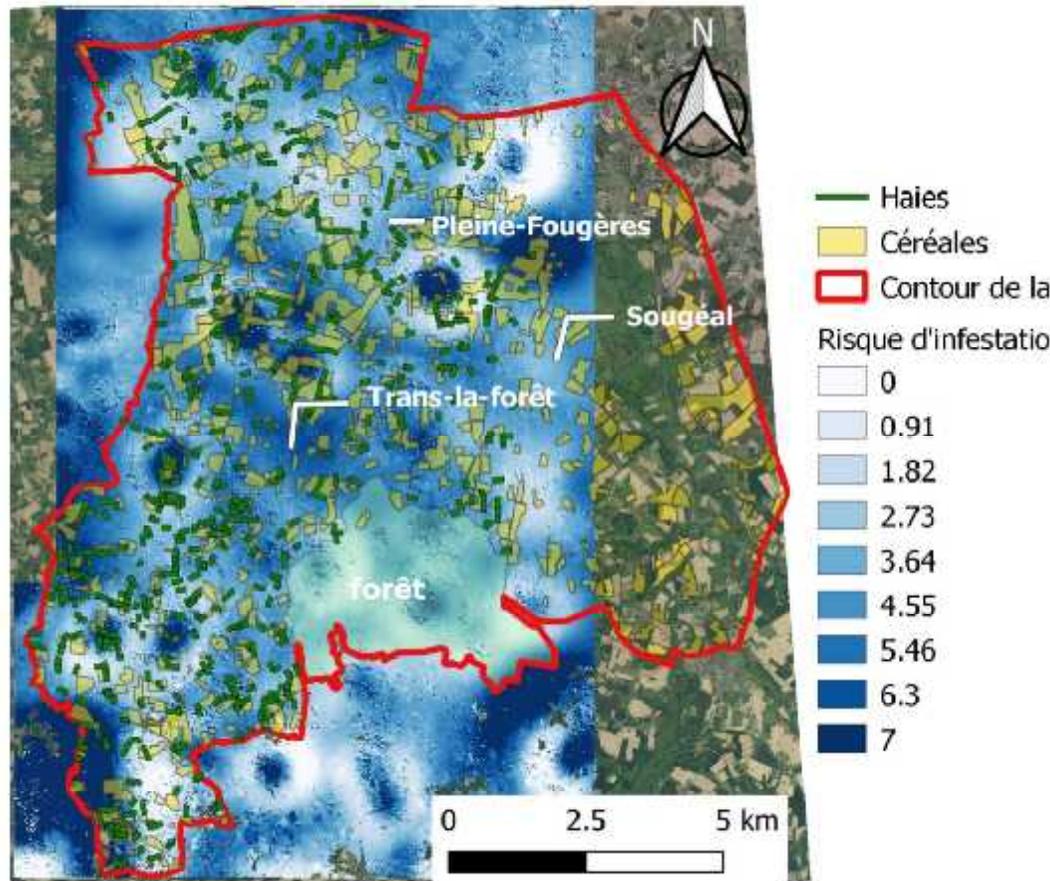
# Quantification de pathogènes

- ▶ Quantification de symptômes sur feuilles & suivi du développement de lésions
  - ▶ Images RGB + annotations
  - ▶ Recalage temporel + segmentation des symptômes
  - ▶ Modélisation du développement de la lésion
- ↗ compréhension des interactions plante-pathogène
- ↗ de la précision du phénotypage

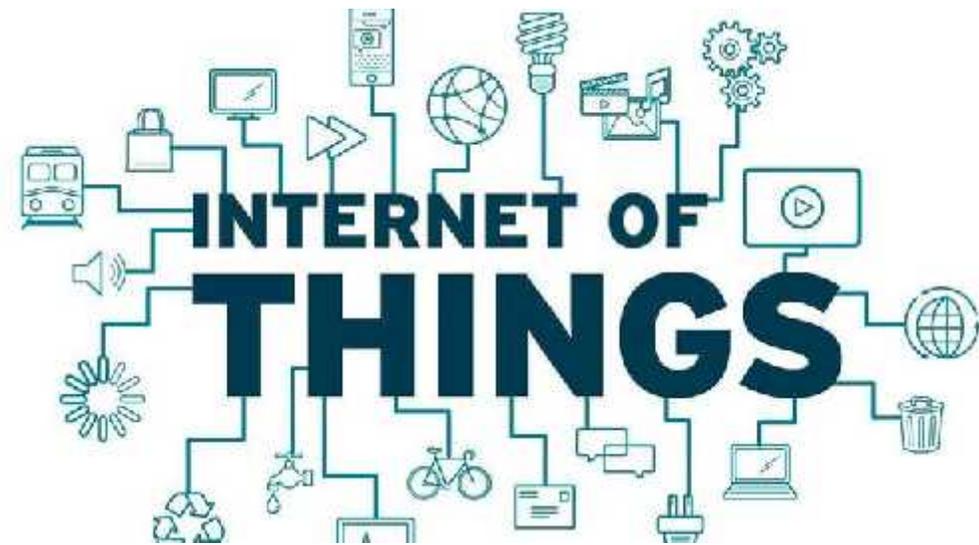
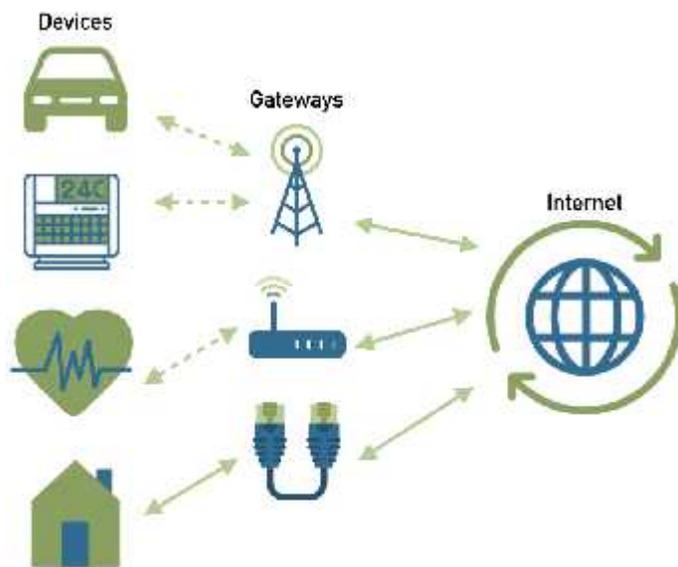


# Données satellitaires pour la prédiction de risques

- ▶ Prédire l'atterrissage et l'abondance de pucerons
- ▶ Collaboration UMR Ecobio
- ▶ Comptages de pucerons (transects ZA Armorique)
- ▶ Données satellitaires Sentinel-2
- ▶ Calcul d'indices de végétation
- ▶ Régressions Abondance  $\sim$  f(indices)
- Prédiction de l'abondance des pucerons dans le paysage



# Réseaux de capteurs et santé des plantes

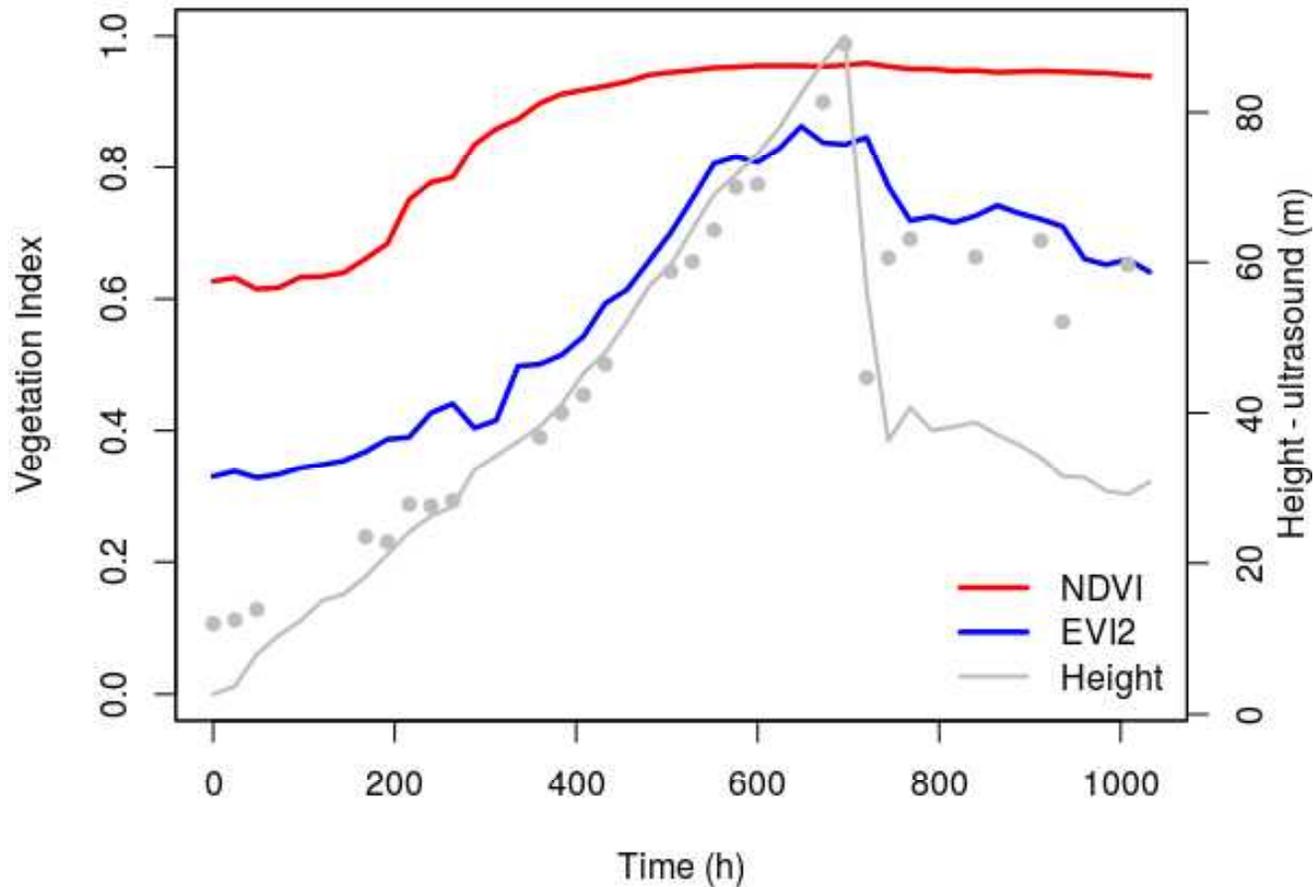


# Suivi du couvert en temps réel

- ▶ Suivre le développement du couvert en temps réel
- optimiser les traitements en huiles
- ▶ Collaboration FN3PT
- ▶ Essai 2019-2020 (Le Rheu)
- ▶ Capteurs fixes :
  - ultrason : hauteur
  - spectromètre : indices de végétation
  - météo



# Suivi du couvert en temps réel



→ Premiers résultats encourageant, en particulier pour le suivi de la phase de croissance active

# Suivi du couvert en temps réel

- ▶ **CApteurs coNnectés pour un suivi en temps réel de cOouvert de la Pomme de terre pour une protection optimisée des plants contre le virus Y (Casdar RT 2020-2024)**
- ▶ FN3PT - INRAE UMR IGEPP - Pessl Instruments
- ▶ 5 Actions :
  - Déploiement de réseaux de capteurs fixes sans fil sur 4 sites expérimentaux

# Suivi du couvert en temps réel

- ▶ **CApteurs coNnectés pour un suivi en temps réel de cOouvert de la Pomme de terre pour une protection optimisée des plants contre le virus Y (Casdar RT 2020-2024)**
- ▶ FN3PT - INRAE UMR IGEPP - Pessl Instruments
- ▶ 5 Actions :
  - Déploiement de réseaux de capteurs fixes sans fil sur 4 sites expérimentaux
  - Validation expérimentale, pluriannuelle et multisite, du suivi dynamique du couvert

# Suivi du couvert en temps réel

- ▶ **CApteurs coNnectés pour un suivi en temps réel de cOouvert de la Pomme de terre pour une protection optimisée des plants contre le virus Y (Casdar RT 2020-2024)**
- ▶ FN3PT - INRAE UMR IGEPP - Pessl Instruments
- ▶ 5 Actions :
  - Déploiement de réseaux de capteurs fixes sans fil sur 4 sites expérimentaux
  - Validation expérimentale, pluriannuelle et multisite, du suivi dynamique du couvert
  - Mise au point d'un système d'information pour la récolte, le stockage et la visualisation des données

# Suivi du couvert en temps réel

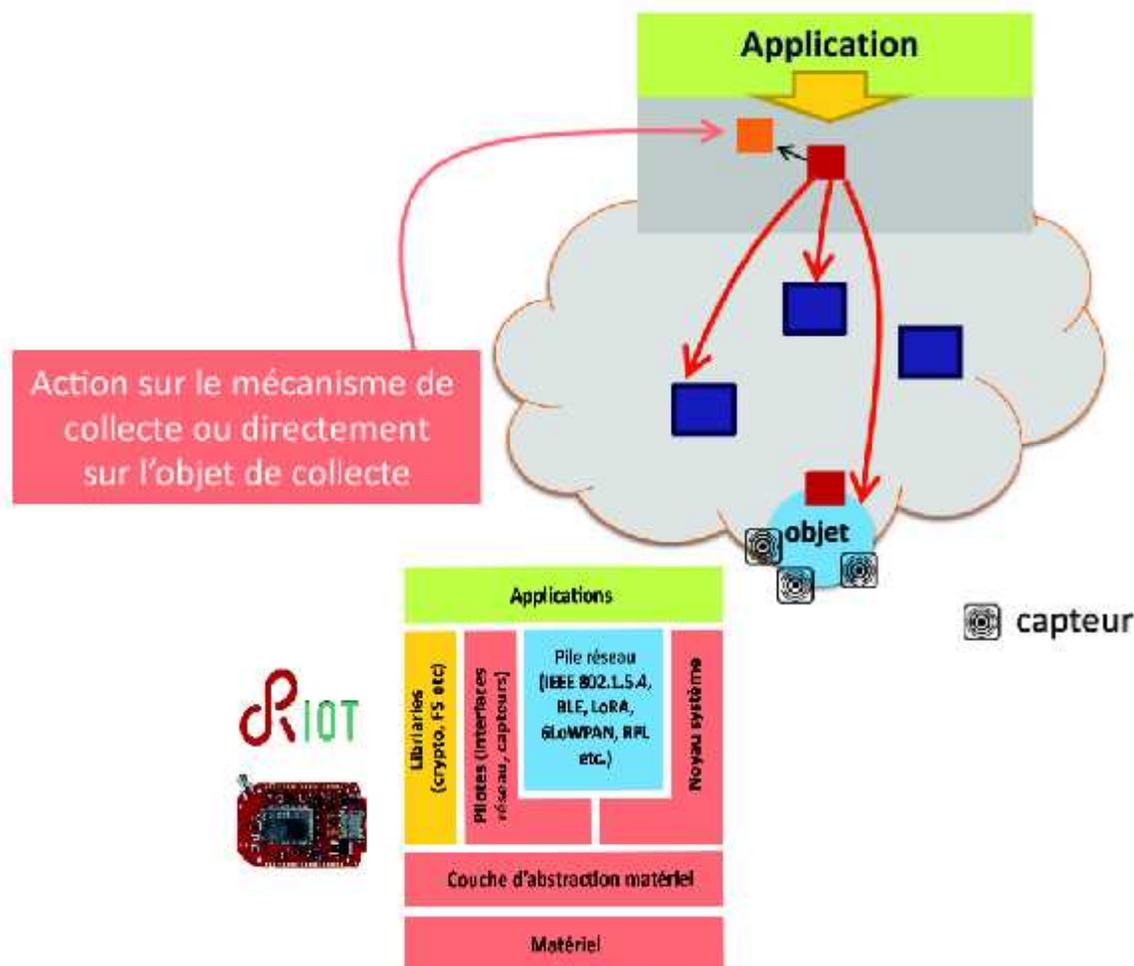
- ▶ **CApteurs coNnectés pour un suivi en temps réel de cOouvert de la Pomme de terre pour une protection optimisée des plants contre le virus Y (Casdar RT 2020-2024)**
- ▶ FN3PT - INRAE UMR IGEPP - Pessl Instruments
- ▶ 5 Actions :
  - Déploiement de réseaux de capteurs fixes sans fil sur 4 sites expérimentaux
  - Validation expérimentale, pluriannuelle et multisite, du suivi dynamique du couvert
  - Mise au point d'un système d'information pour la récolte, le stockage et la visualisation des données
  - Optimisation de la fréquence d'application des huiles à l'échelle de la parcelle

# Suivi du couvert en temps réel

- ▶ **CApteurs coNnectés pour un suivi en temps réel de cOouvert de la Pomme de terre pour une protection optimisée des plants contre le virus Y (Casdar RT 2020-2024)**
- ▶ FN3PT - INRAE UMR IGEPP - Pessl Instruments
- ▶ 5 Actions :
  - Déploiement de réseaux de capteurs fixes sans fil sur 4 sites expérimentaux
  - Validation expérimentale, pluriannuelle et multisite, du suivi dynamique du couvert
  - Mise au point d'un système d'information pour la récolte, le stockage et la visualisation des données
  - Optimisation de la fréquence d'application des huiles à l'échelle de la parcelle
  - Coordination, valorisation et diffusion

# Vers des réseaux de capteurs plus intelligents

- ▶ Noeuds de capteurs et architecture logicielle pour le suivi de parcelles connectées
- ▶ Collaboration Inria - équipe EASE
- ▶ Microcontrôleur & RIOT
- Agir au plus près du noeud pour une collecte intelligente des données
- Économie d'énergie



*Inria*



# Conclusion

- ▶ Imagerie & Réseaux de capteurs

# Conclusion

- ▶ Imagerie & Réseaux de capteurs
- ↗ précision & débit pour les recherches en santé des plantes

# Conclusion

- ▶ Imagerie & Réseaux de capteurs
- ↗ précision & débit pour les recherches en santé des plantes
- ↗ collecte des données → modélisation

# Conclusion

- ▶ Imagerie & Réseaux de capteurs
  - ↗ précision & débit pour les recherches en santé des plantes
  - ↗ collecte des données → modélisation
  - ouvre de nombreuses perspectives pour les travaux en épidémiologie, pathologie, génétique, écologie...

# Conclusion

- ▶ Imagerie & Réseaux de capteurs
  - ↗ précision & débit pour les recherches en santé des plantes
  - ↗ collecte des données → modélisation
  - ouvre de nombreuses perspectives pour les travaux en épidémiologie, pathologie, génétique, écologie...
- ▶ Néanmoins

# Conclusion

- ▶ Imagerie & Réseaux de capteurs
  - ↗ précision & débit pour les recherches en santé des plantes
  - ↗ collecte des données → modélisation
  - ouvre de nombreuses perspectives pour les travaux en épidémiologie, pathologie, génétique, écologie...
- ▶ Néanmoins
  - pour chaque question : investissement en temps & travail interdisciplinaire



# Conclusion

## ▶ Imagerie & Réseaux de capteurs

- ↗ précision & débit pour les recherches en santé des plantes
- ↗ collecte des données → modélisation
- ouvre de nombreuses perspectives pour les travaux en épidémiologie, pathologie, génétique, écologie...

## ▶ Néanmoins

- pour chaque question : investissement en temps & travail interdisciplinaire
- annotations & vérités terrains → rôle central (apprentissage statistique)
- penser les chaînes acquisition-extraction-analyse de manière intégrée



# Numérique & (plants) de pomme de terre ?

- ▶ Probablement utile pour de nombreuses questions de la filière

# Numérique & (plants) de pomme de terre ?

- ▶ Probablement utile pour de nombreuses questions de la filière
- ▶ Beaucoup de choses sur étagère (e.g. capteurs, algorithmes de traitement d'image)

# Numérique & (plants) de pomme de terre ?

- ▶ Probablement utile pour de nombreuses questions de la filière
- ▶ Beaucoup de choses sur étagère (e.g. capteurs, algorithmes de traitement d'image)
- ▶ Développer les applications sur les questions prioritaires (balance coût - bénéfice) ?

# Numérique & (plants) de pomme de terre ?

- ▶ Probablement utile pour de nombreuses questions de la filière
- ▶ Beaucoup de choses sur étagère (e.g. capteurs, algorithmes de traitement d'image)
- ▶ Développer les applications sur les questions prioritaires (balance coût - bénéfice) ?
- ▶ Les données :
  - clef de voûte pour les applications numériques (e.g. IA)
  - ⚠ qualité, stockage, pérennité, propriété

# Numérique & (plants) de pomme de terre ?

- ▶ Probablement utile pour de nombreuses questions de la filière
- ▶ Beaucoup de choses sur étagère (e.g. capteurs, algorithmes de traitement d'image)
- ▶ Développer les applications sur les questions prioritaires (balance coût - bénéfice) ?
- ▶ Les données :
  - clef de voûte pour les applications numériques (e.g. IA)
  - ⚠ qualité, stockage, pérennité, propriété
- ▶ Le numérique peut être mais ne pas oublier les bases : agronomie, prophylaxie ...



# Merci de votre attention

Grand merci à nos collaborateurs : Frédéric Weis, Nicolas Harel, Jean-Marie Bonnin, Youcef Mammeri, Laurent Glais, Frédéric Boulard, Eric Grenier, Romain Thévenoux, Laurent Folcher, Marie Beurton-Aimar, Linh Van Le, Jean-Sébastien Pierre, Joan Van Baren, Tristan Boureau, Cécile Thomas, Florence Val, Didier Andrivon, ...