



# Détection en temps réel du puceron de la laitue à l'aide d'un système de vision par nano-ordinateur

Les Journées Horticoles et Grandes Cultures, 27e édition  
26 au 28 novembre 2024

Yacine Bouroubi, Emma Dubrûle, Mickaël Germain et Marc Bélisle

Département de Géomatique Appliquée  
Centre d'Applications et de Recherches en Télédétection (CARTEL)  
Université de Sherbrooke



# Contenu

- Mise en contexte
  - Enjeux de l'agriculture durable
  - Le virage numérique : agriculture 5.0 et convergence des technologies
- Dépistage automatique
  - Exemples d'anciens projets : vigne et oignon
  - Application au puceron de la laitue
    - Objectif – Méthodologie – Système de détection – Résultats – Améliorations



# Enjeux de l'agriculture durable

- **Plan d'agriculture durable 2020-2030** du Québec
  - Accroître la productivité et **réduire les intrants** et leurs conséquences sur l'environnement
  - Lutte/adaptation aux changements climatiques
  - Les productrices et producteurs agricoles au cœur de l'action
    - « accélérer l'adoption de pratiques AE liées aux objectifs de développement durable »

## 5 OBJECTIFS : améliorer ...

La gestion des **pesticides** et leurs risques pour la santé et l'environnement

La santé et la conservation des sols : couverture, résidus, MOS

La gestion des fertilisants

La gestion de l'eau : pollution/santé des cours d'eau

La **Biodiversité** : bandes riveraines, brise-vents

## 5 MOYENS d'appui aux entreprises agricoles

Le **DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES** → pratiques agroenvironnementales performantes

Le **TRANSFERT** des connaissances en tenant compte des spécificités des entreprises agricoles

Une **FORMATION** adaptée aux besoins des utilisateurs

Un **ACCOMPAGNEMENT** professionnel pour l'adoption

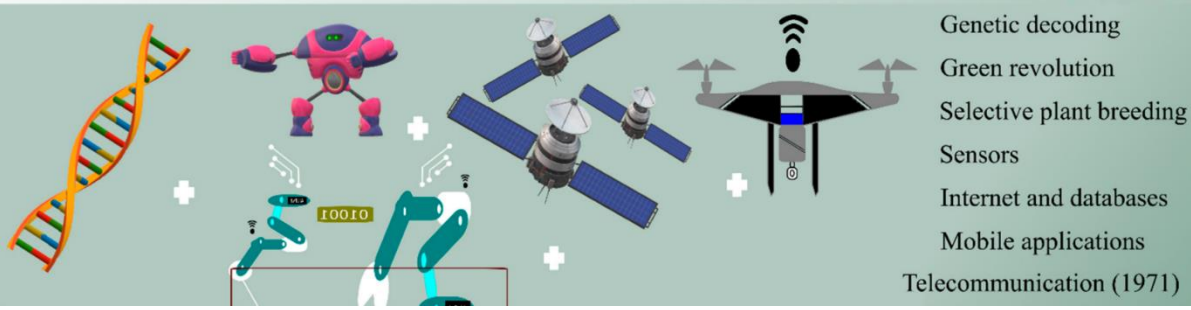
La **RECONNAISSANCE** des efforts d'adoption



# Le virage numérique

- L'ère numérique - Industrie 5.0
  - Agriculture 4.0 : TI, IA, Big data, robotisation, drones, capteurs embarqués, satellites, IoT, infonuagique, plateformes web, réalité augmentée, expériences au champ, etc.
  - Agriculture 5.0 : interconnexion des technologies de la 4.0 et coopérations avec les humains
    - données géospatiales + algorithmes puissants + moyens de communication efficaces
    - opportunités pour développer des solutions pour plusieurs problématiques de l'AD
    - fonctionnement intégré → ex.: jumeaux numériques
    - services mieux adaptés, meilleure adoption et retombées significatives

## Technologies de la 4<sup>e</sup> révolution industrielle



## À l'aube de la 5<sup>e</sup> révolution industrielle



# Le virage numérique

Dans la littérature : plusieurs articles sur le concept d'AN

## Application of Smart Techniques, Internet of Things and Data Mining for Resource Use Efficient and Sustainable Crop Production

by Awais Ali <sup>1</sup>, Tajamul Hussain <sup>2</sup>, Noramon Tantashutikun <sup>3</sup>, Nurda Husa  
 Giacomo Cocetta <sup>1,\*</sup>

<https://www.mdpi.com/2077-0472/13/2/397>

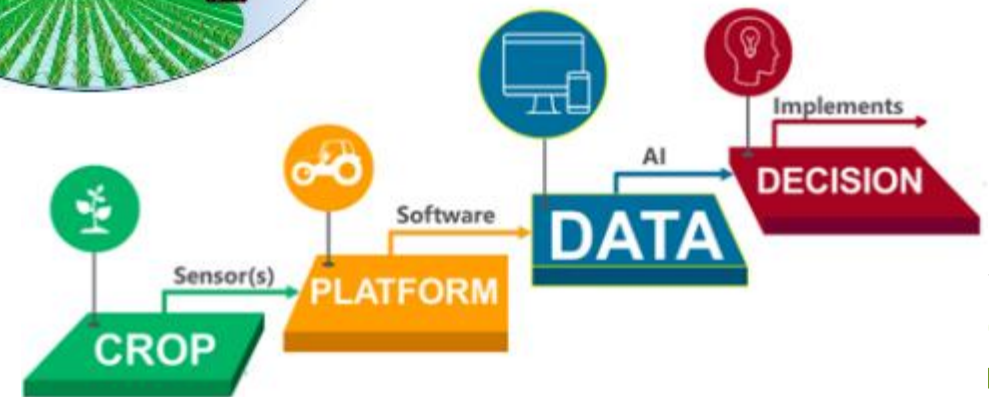
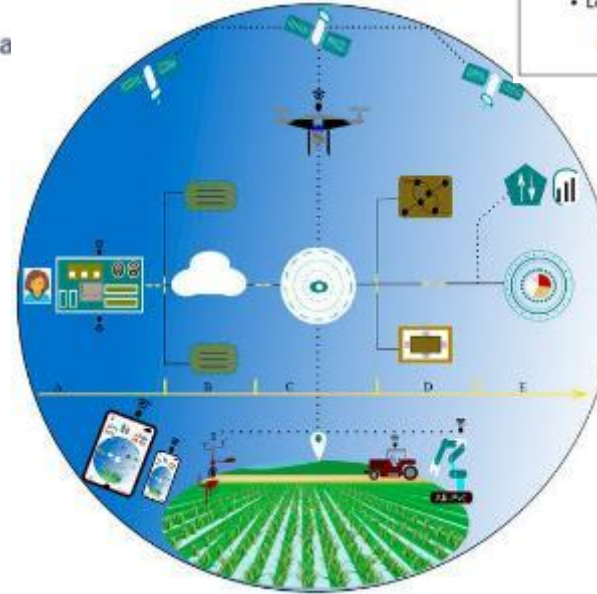
## Ensuring Agricultural Sustainability through Remote Sensing in the Era of Agriculture 5.0

by Vanesa Martos <sup>1,\*</sup>, Ali Ahmad <sup>1</sup>,  
 Pedro Cartujo <sup>2</sup> and Javier Ordoñez <sup>3</sup>

<https://www.mdpi.com/2076-3417/11/13/5911>

## From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management

by Verónica Saiz-Rubio <sup>\*</sup> and Francisco Rovira-Más





# Le virage numérique

Dans la littérature : plusieurs exemples sur les technologies

## Recent Advancements in Agriculture **Robots**: Benefits and Challenges

by Chao Cheng <sup>1,2</sup>, Jun Fu <sup>1,2,\*</sup> , Hang Su <sup>2,3</sup> and Luquan Ren <sup>1,2</sup>  
<https://www.mdpi.com/2075-1702/11/1/48>

## A Survey of **Deep Convolutional Neural Networks** Applied for Prediction of Plant Leaf Diseases

by Vijaypal Singh Dhaka <sup>1</sup> , Sangeeta Vaibhav Meena <sup>1</sup> , Geeta Rani <sup>1</sup> ,  
 Deepak Sinwar <sup>1,\*</sup> , Kavita <sup>2</sup> , Muhammad Fazal Ijaz <sup>3,\*</sup> and Marcin Woźniak <sup>4</sup>   
<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/14/4749>

## Toward the Next Generation of Digitalization in Agriculture Based on **Digital Twin** Paradigm

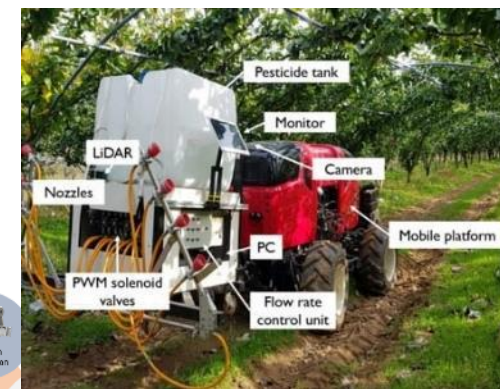
by Abozar Nasirahmadi <sup>\*</sup> and Oliver Hensel   
<https://www.mdpi.com/1424-8220/22/2/498>

## **Digital Twins** and Industry 4.0 Technologies for Agricultural Greenhouses

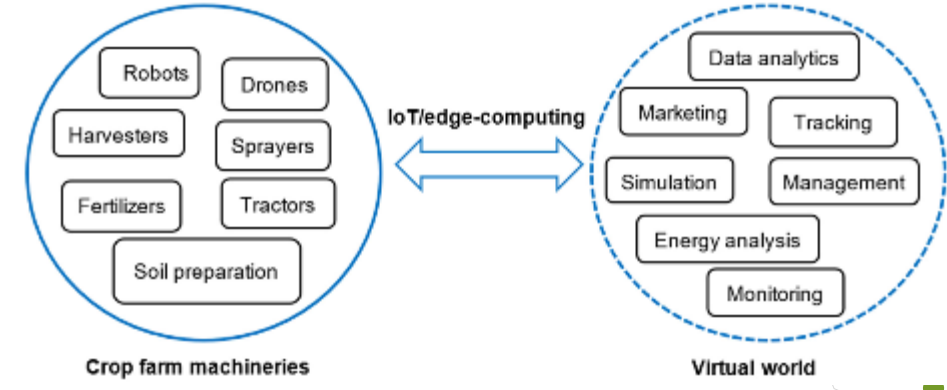
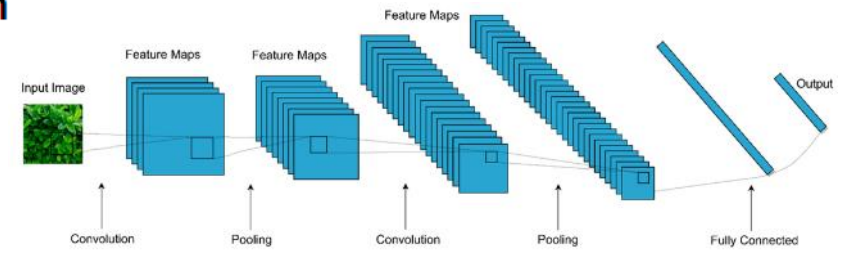
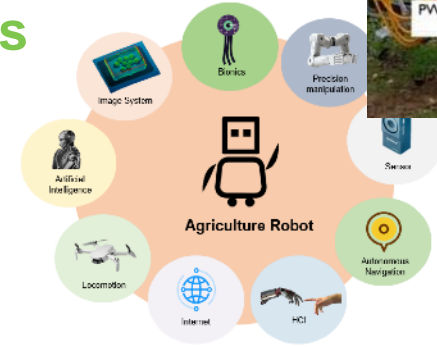
by Naftali Slob and William Hurst <sup>\*</sup> <https://www.mdpi.com/2624-6511/5/3/59>

## The **Digital Twin** Paradigm Applied to Soil Quality Assessment: A Systematic Literature Review

by Leticia Silva <sup>1,2,3,4,†</sup> , Francisco Rodríguez-Sedano <sup>2,†</sup> , Paula Baptista <sup>3,4,5,†</sup> and João Paulo Coelho <sup>1,3,4,\*†</sup>   
<https://www.mdpi.com/1424-8220/23/2/1007>



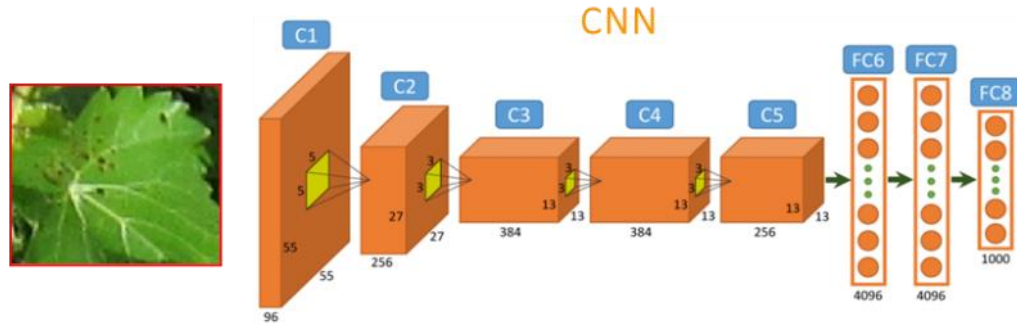
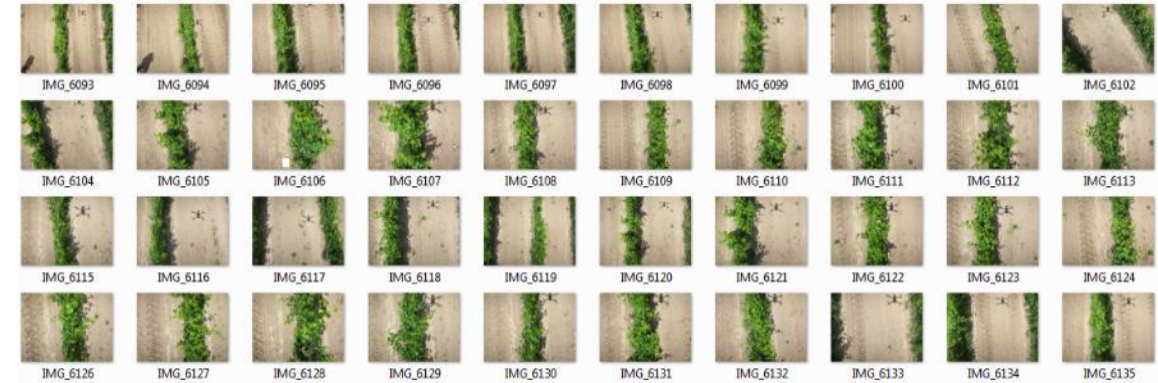
Intelligent spraying system



# Le dépistage automatique : projet précédent

## PDAOT DeepSAT (2017-2018) – ravageurs de la vigne

- Utilisation de drones pour le dépistage automatique → optimiser l'utilisation des pesticides
- Optimisation spatio-temporelle des acquisitions de drone : modèle bioclimatique spatialisé avec les images satellites



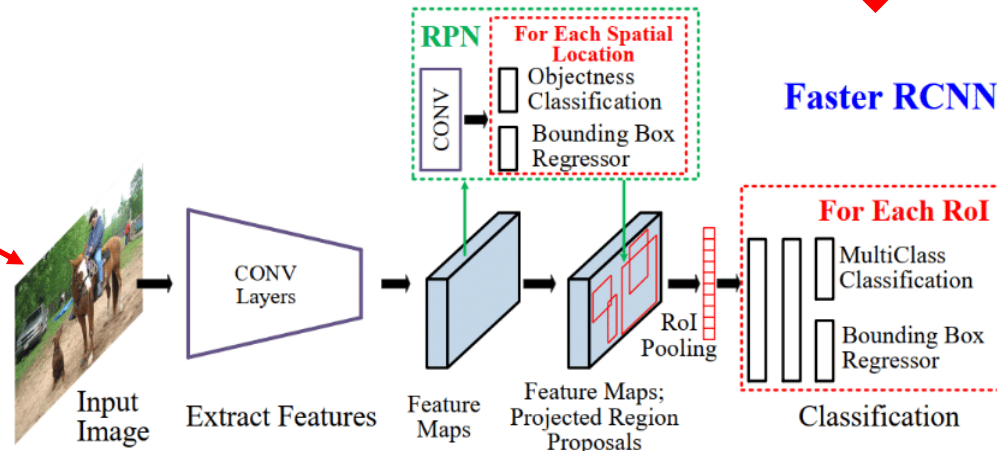
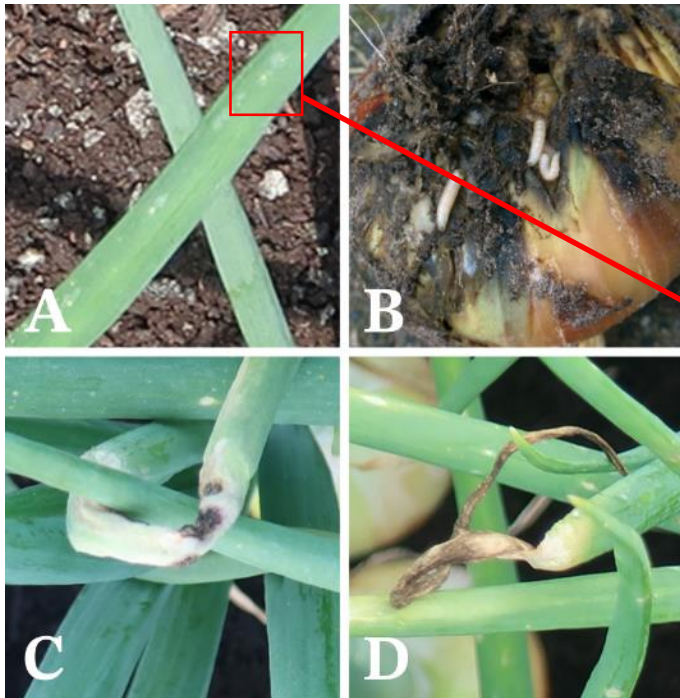


# Le dépistage automatique : projet précédent

## Dépistage du botrytis de l'oignon sur des images UHR

(MSc Mathieu St-Laurent, 2019-2021 – AAC et Phytodata)

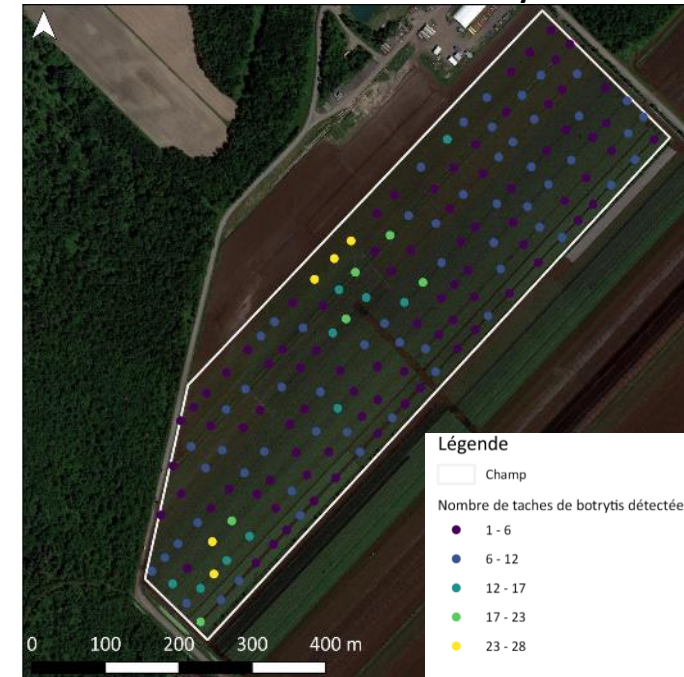
Symptômes de parasites de l'oignon: (A) botrytis, (B) mouche de l'oignon, (C) mildiou et (D) Stemphylium



Prédictions



Carte d'occurrence du botrytis





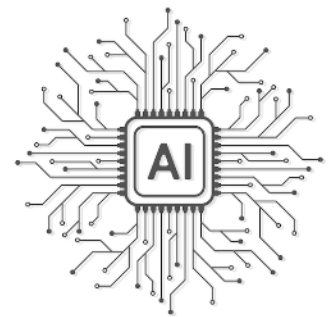
# Dépistage automatique du puceron de la laitue

Projet RQRAD, 1<sup>e</sup> appel, Pr Marc Bélisle, PhD d'Emma Dubrule, UdeS

**Objectif :** optimiser l'utilisation des pesticides → en réduire les impacts sur la santé humaine (résidus) et sur la biodiversité (déclin des insectes)

**Plus spécifiquement :** développer un système de détection automatique en temps réel des ravageurs → agir plus rapidement et cibler plus précisément les interventions phytosanitaires → utilisation raisonnée des pesticides

**Comment? Vision artificielle :** réseau de neurones convolutifs (CNN) Yolo → détection d'objets en temps réel, alliant rapidité et précision



Éviter l'application systématique et préventive des pesticides grâce à l'agriculture numérique



Dépistage manuel : laborieux



# Dépistage automatique du puceron de la laitue

Principe : IA en périphérie (Edge AI) → traiter les données à la source et d'envoyer les décisions

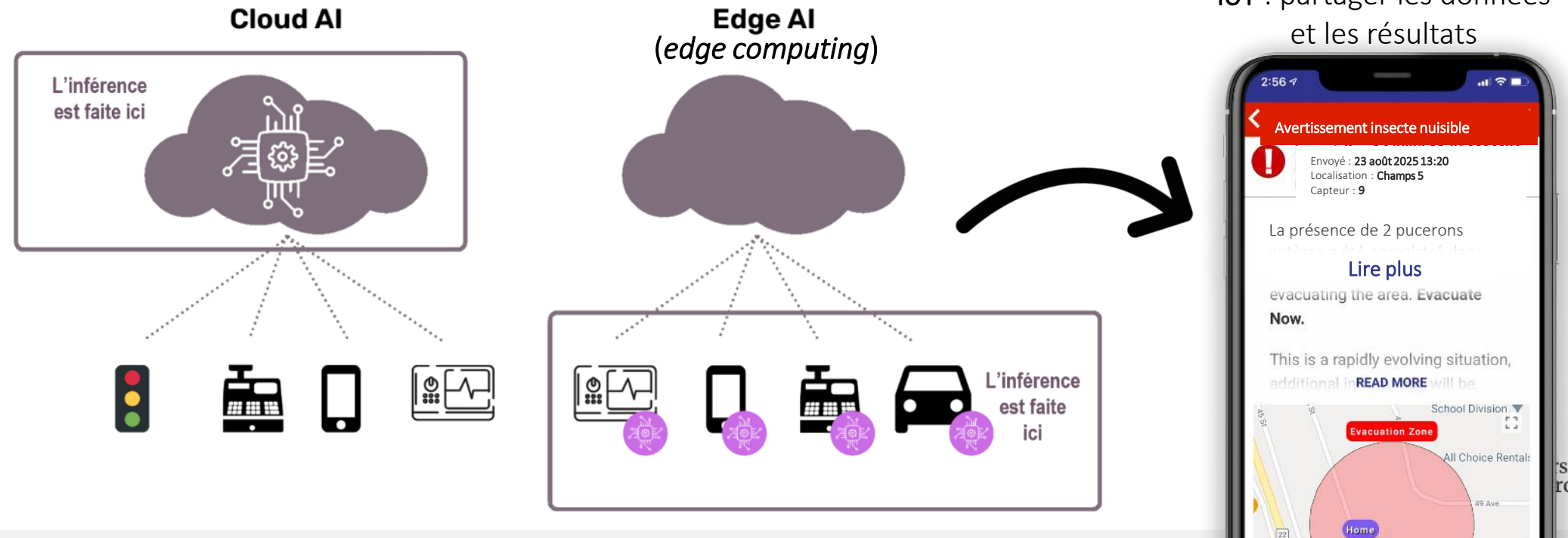
Intelligence artificielle : on développe le modèle

+

Système périphérie : on applique le modèle

+

Internet des objets : on communique l'information

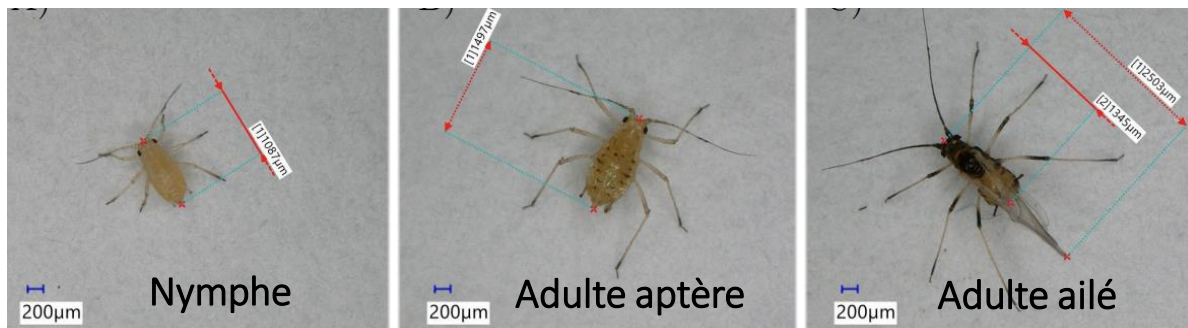
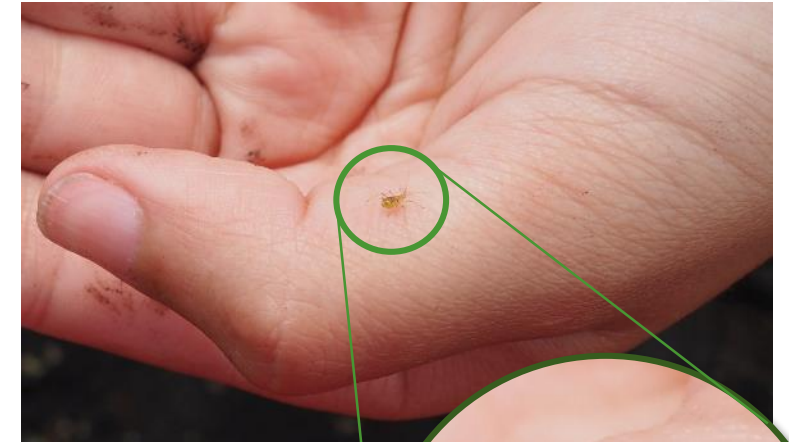


# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Que cherchons-nous ?

Puceron de la laitue (*Nasonovia ribisnigri*)

- Petit insecte qui se nourrit de la sève des plantes
- Taille : 1 à 3 mm (IRIIS, 2024)
- Se dissimule au cœur des laitues → réduit l'efficacité des pesticides
- Se reproduit rapidement → augmentation rapide de la population
- Plus important ravageur de la laitue au Québec (IRIIS)
- Sa présence peut rendre les récoltes invendables, entraînant des pertes économiques importantes



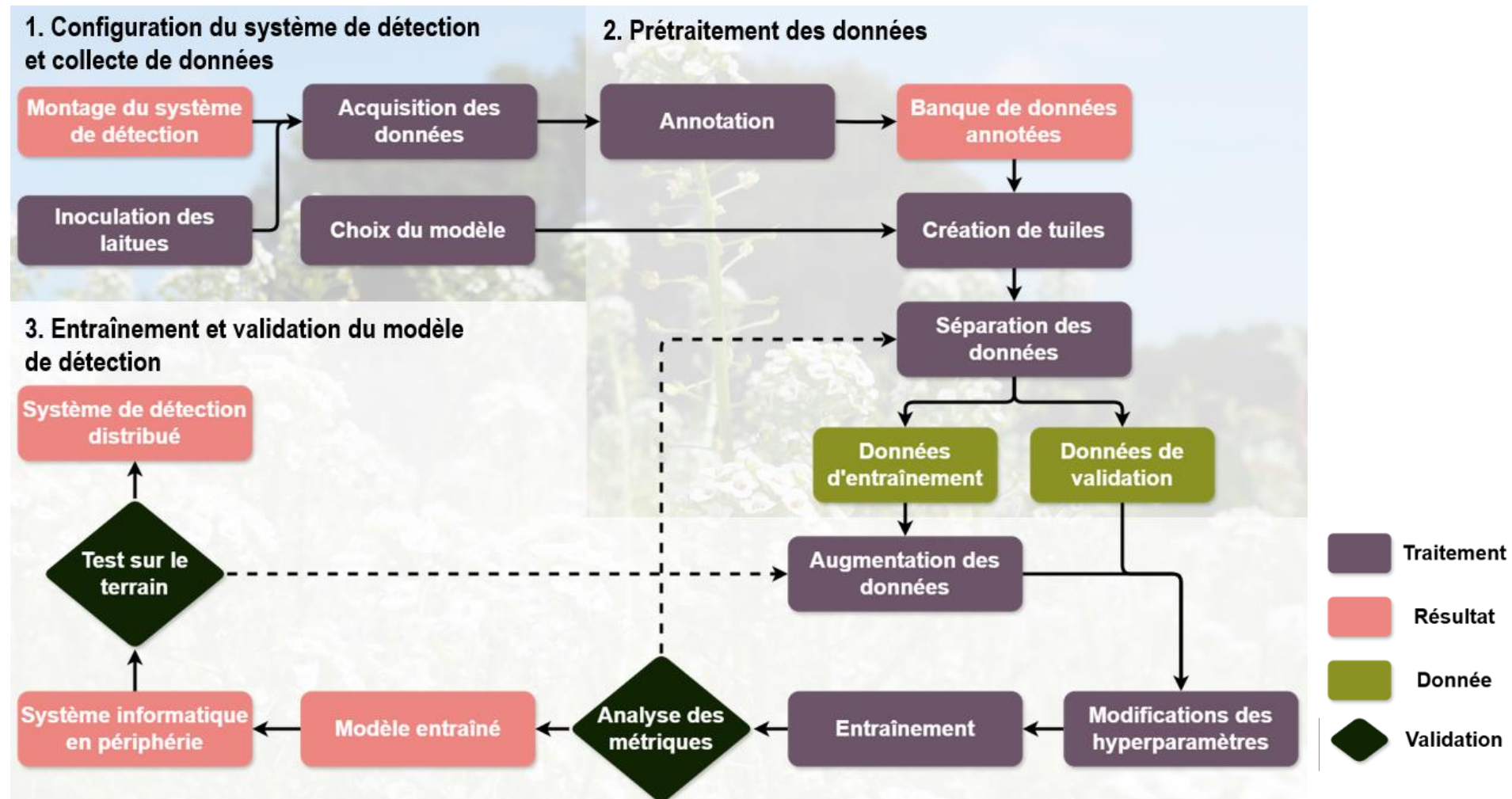
Corps jaunâtre ou vert pâle





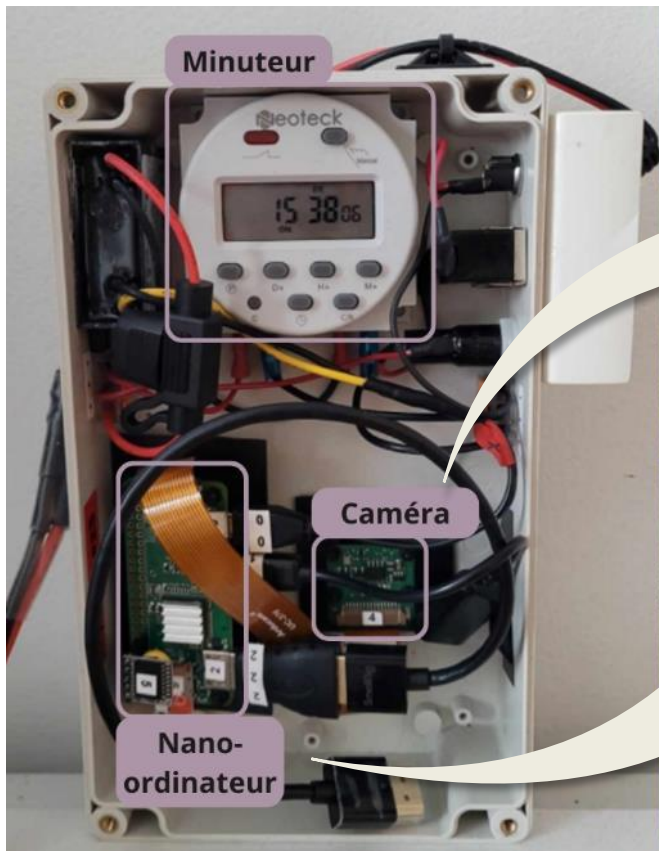
# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Méthodologie générale



# Dépistage automatique du puceron de la laitue

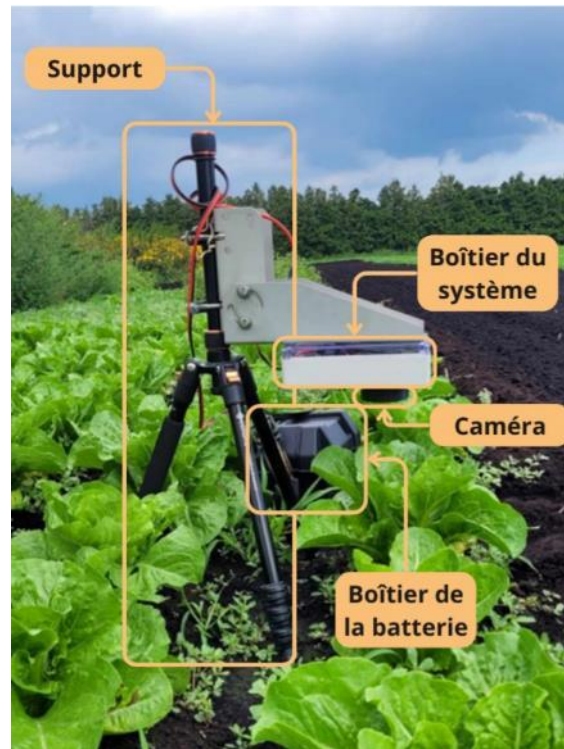
## Système de détection



Camera Module 3  
Raspberry Pi  
(ArduCam 64 mp)



Raspberry Pi Zero W (Pi4)





# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Acquisition de données

- Durant 7 semaines
- 5 capteurs
- 14 heures par jour
- Prise d'une photo toutes les 2 minutes
- Total de 37 000 photos (RGB)
- Résolution de 48 Mpx et 64 Mpx
- Données collectées pour chaque stade phénologique de la laitue
- Variation des conditions météorologiques
- But: une meilleure généralisation



4 feuilles



5-7 feuilles



8-10 feuilles



11- 13 feuilles



Pré-pommaison

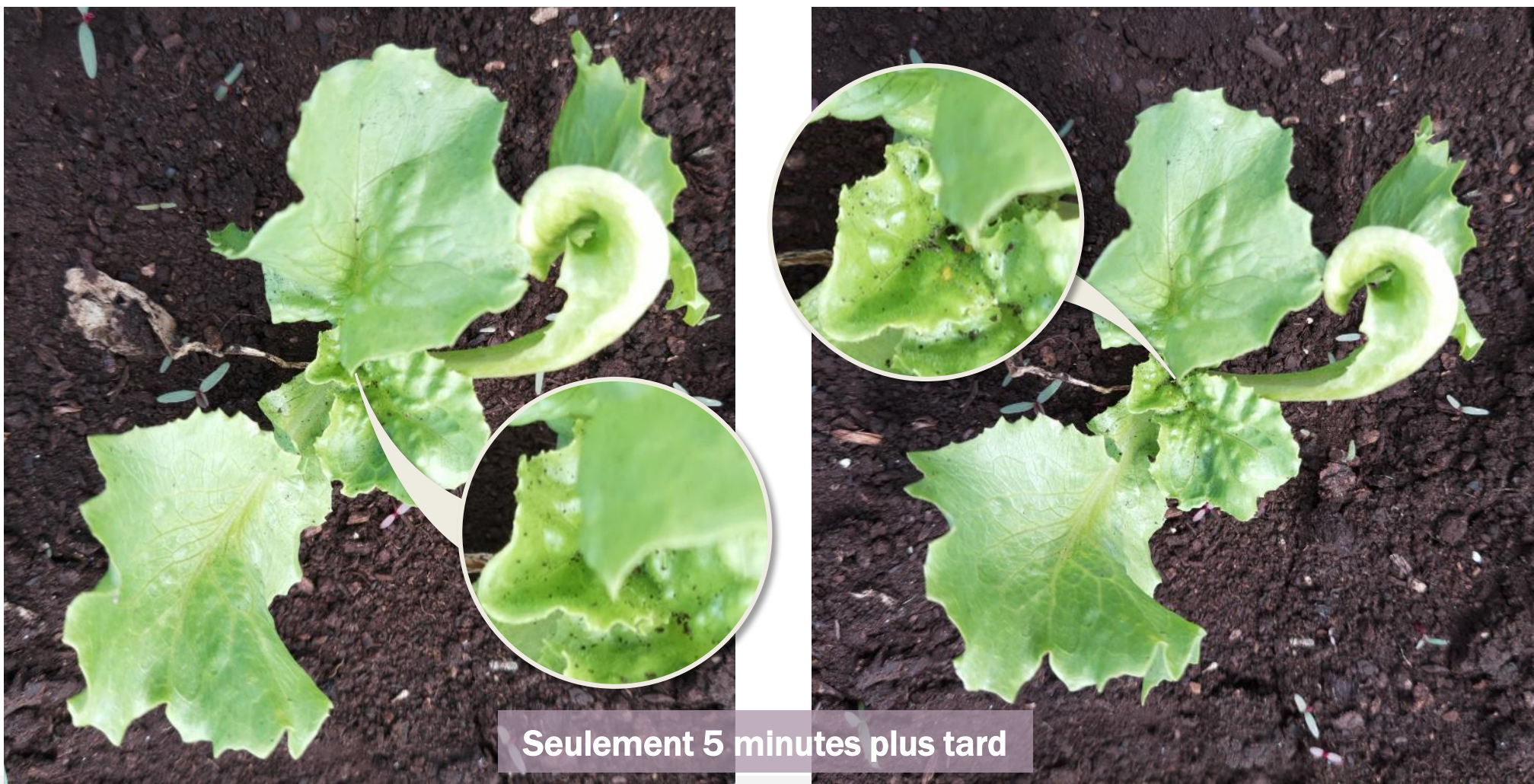


Pommaison récolte



# Dépistage automatique du puceron de la laitue

Défis : taille des pucerons et leur mobilité → haute résolution spatiale et temporelle



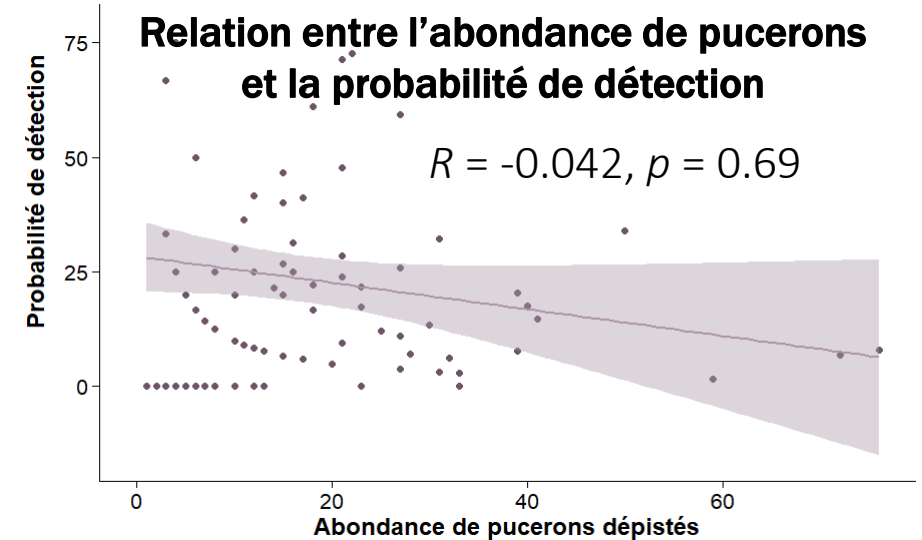
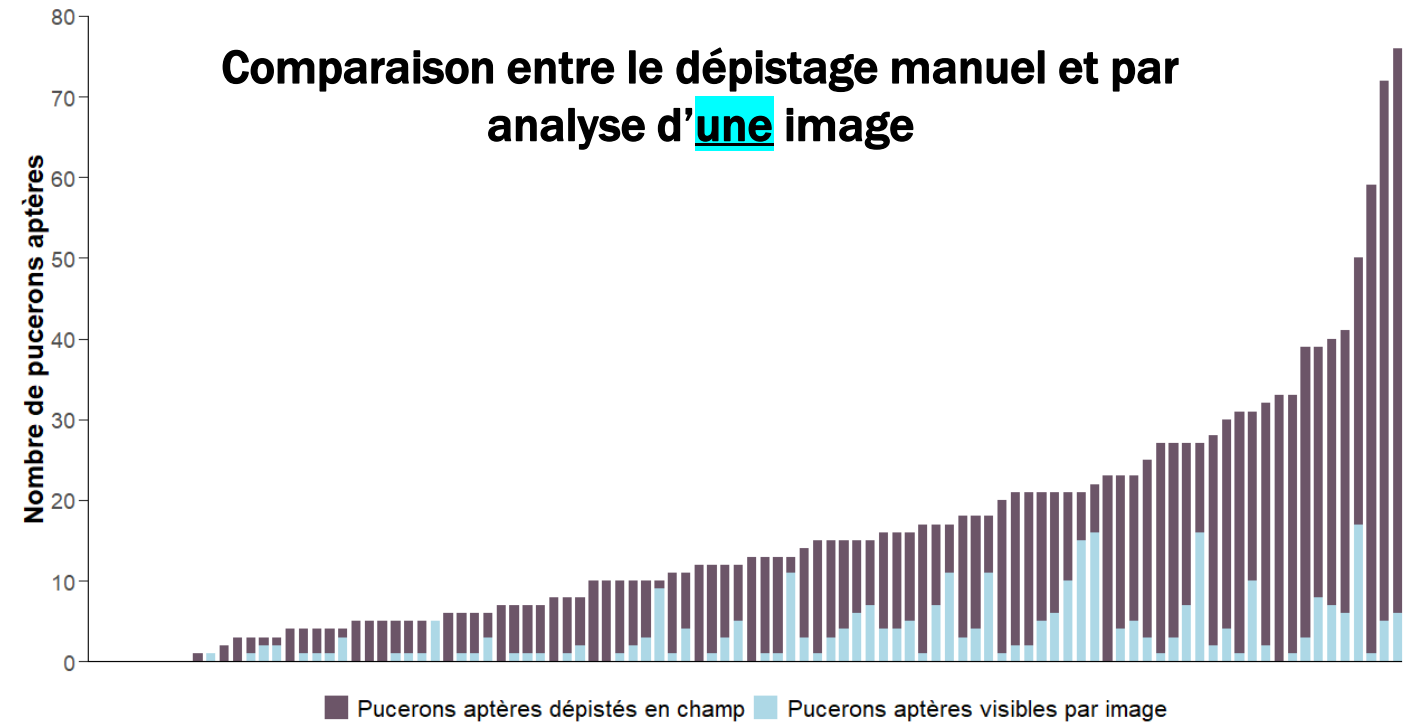
# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Dépistage vs image

Probabilité de détection relativement constante même si la densité de puceron augmente



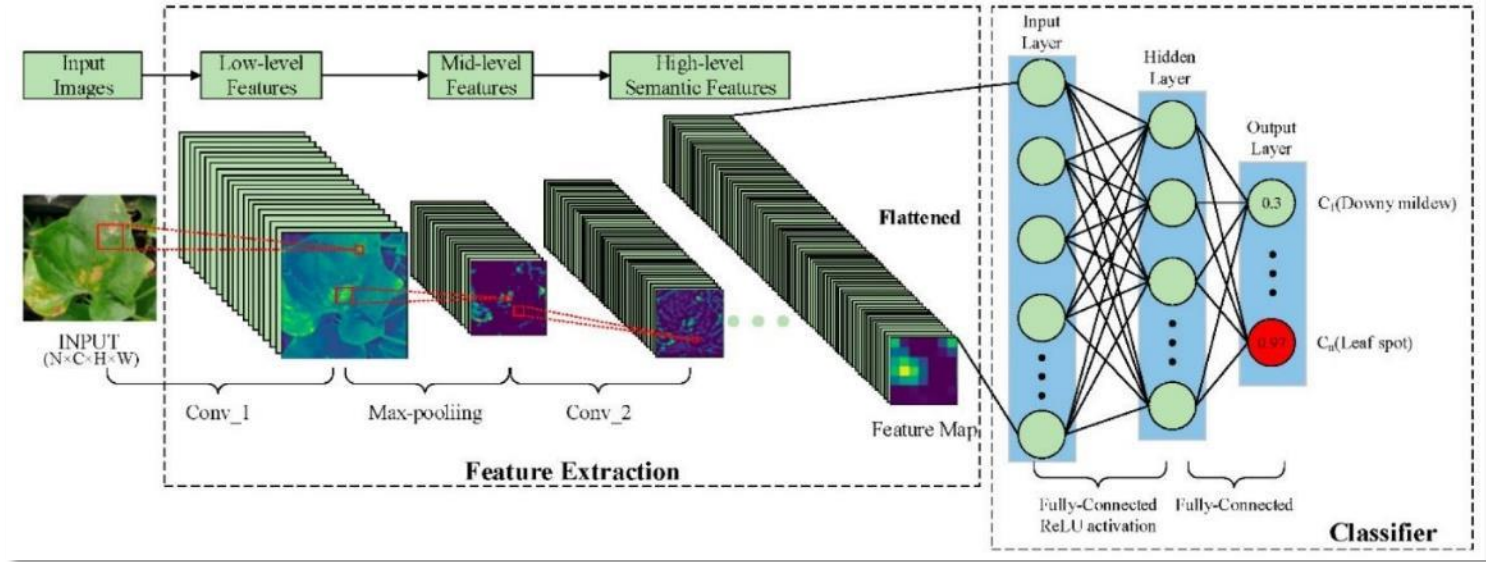
Comparaison entre le dépistage manuel et par analyse d'une image





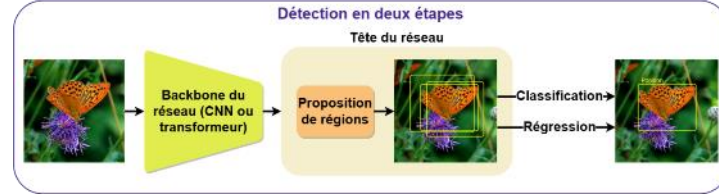
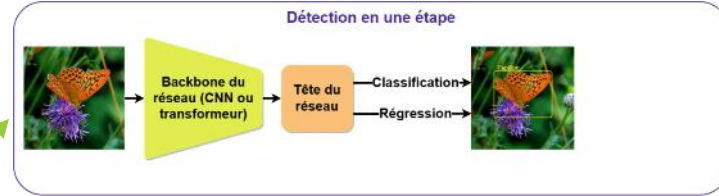
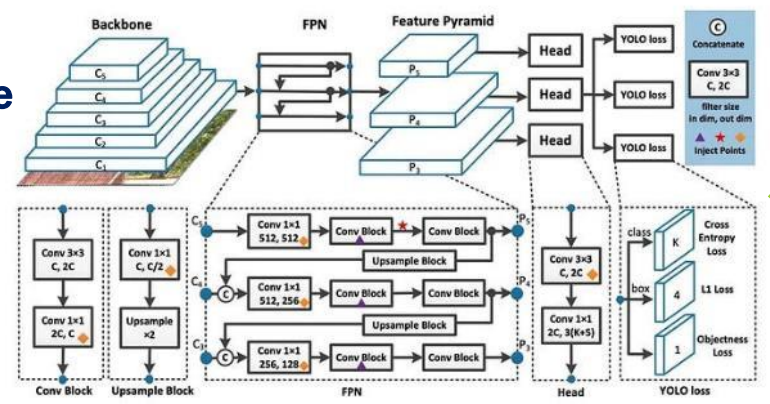
# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Principe/architecture des modèle CNN



## YOLO

- Plus rapide



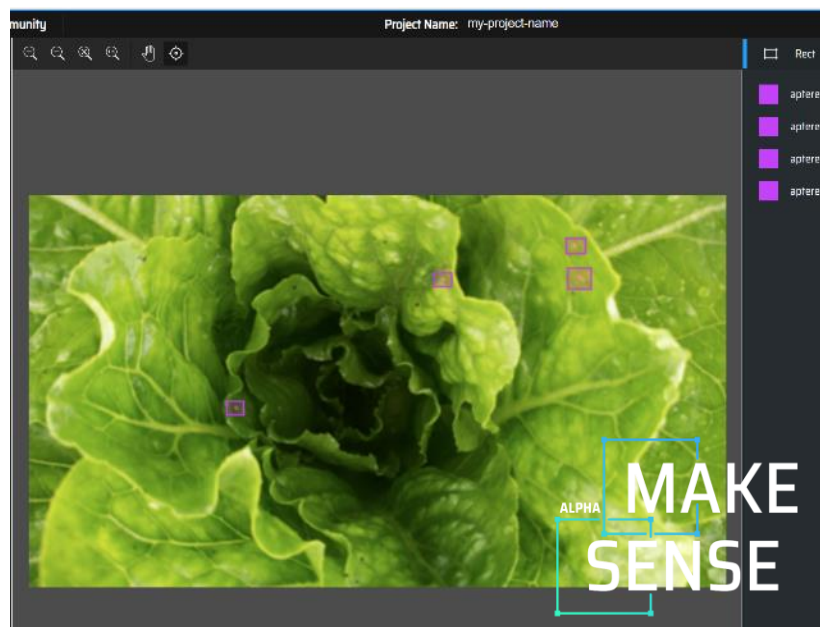
You Only Look Once



# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Préparation des données

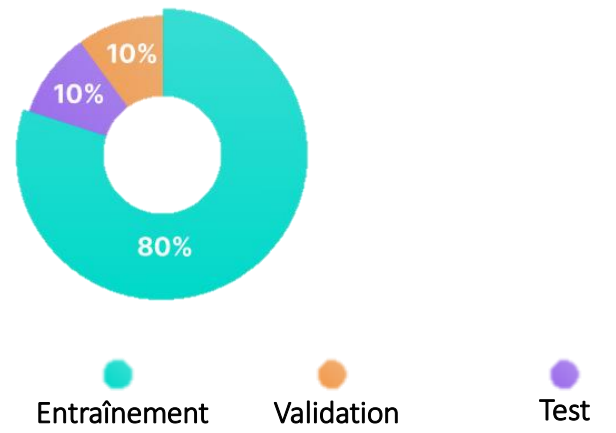
### Annotation



### Création de tuiles



### Séparation des données

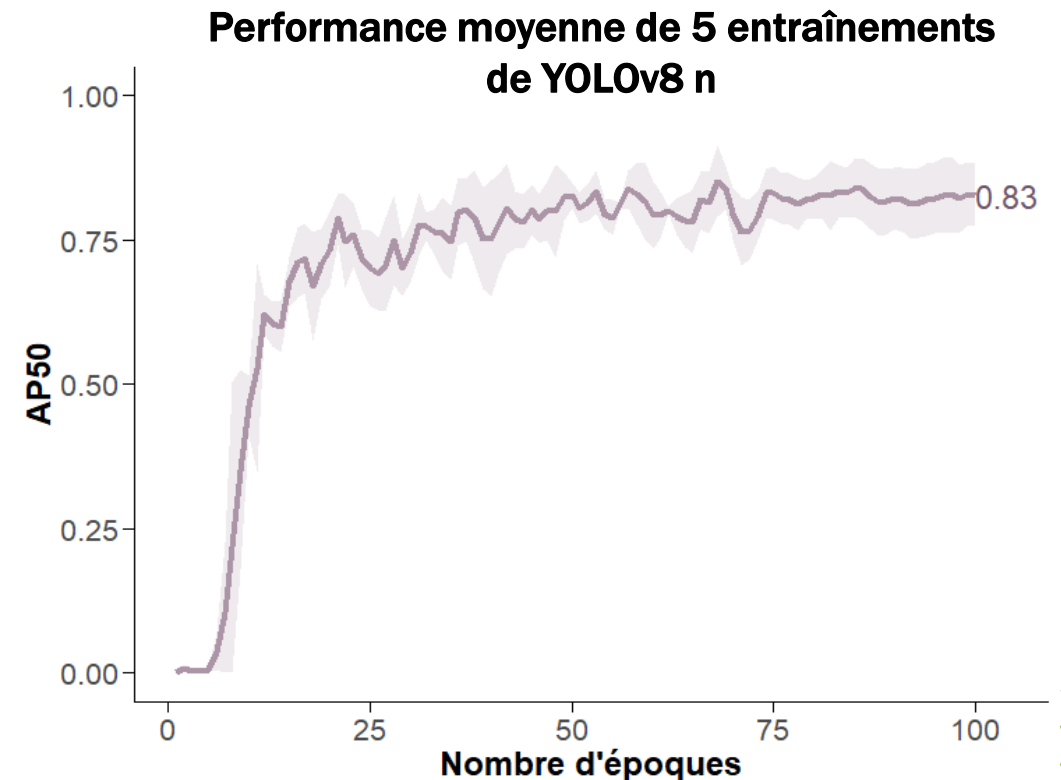


# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Entraînement du CNN

- Nombre d'images 100 → 156 tuiles avec annotations
- Nombre d'annotation : 268
- Nombre d'époques : 100
- Taille de lots : 16

Modèle	Précision	Rappel	AP50	F1 score
Yolov8 n	<b>1</b>	<b>0.81</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>
Yolov9 t	<b>1</b>	0.70	0.89	0.82
Yolov10 n	0.87	0.70	0.78	0.78
Yolo11 n	0.94	0.78	<b>0.90</b>	0.85

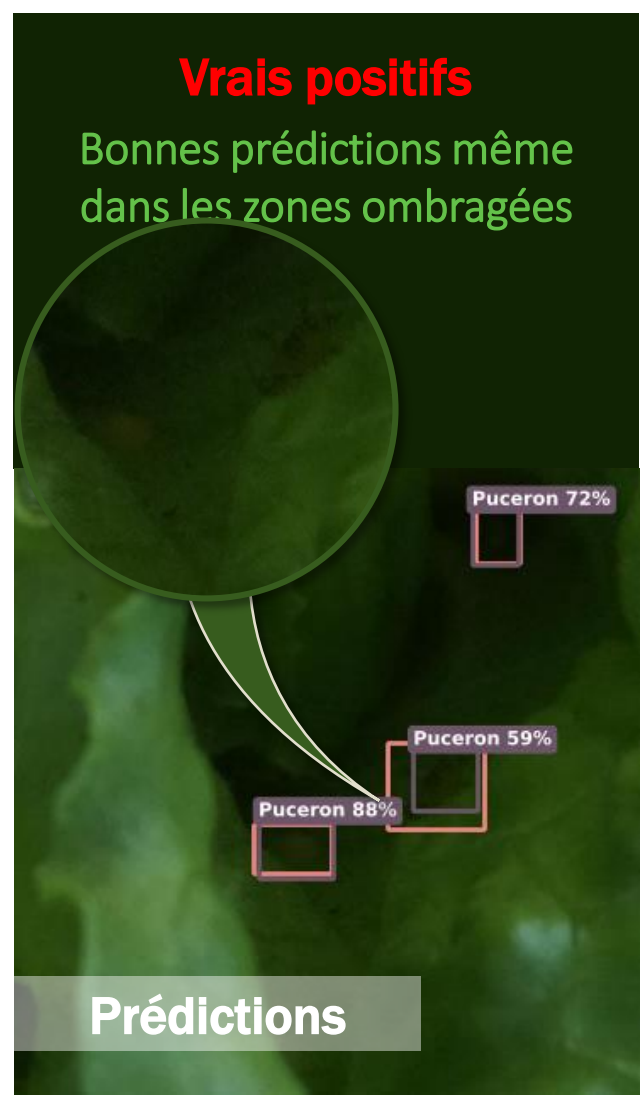




# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Résultats

- Exemples

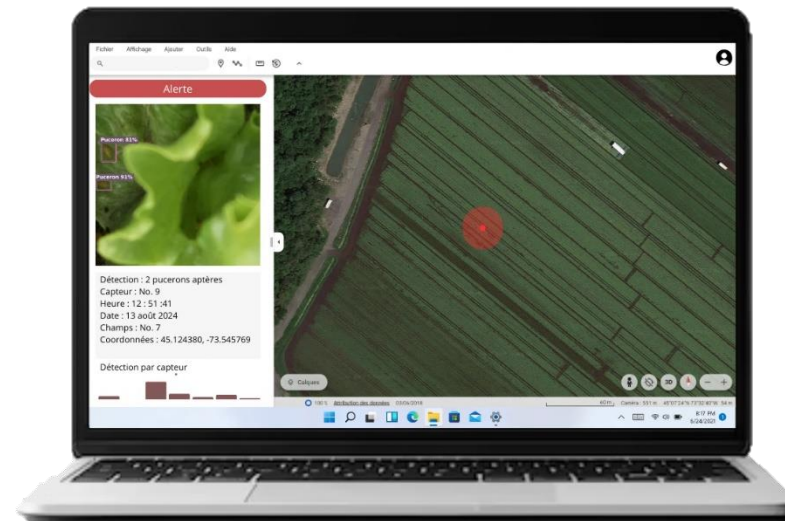


# Dépistage automatique du puceron de la laitue

## Prochaines étapes - Améliorations

- Augmenter le jeu de données
- Détecter les pucerons ailés
- Détecter les prédateurs naturels du puceron ( ex : coccinelle)
- Évaluer le modèle en conditions réelles sur le terrain
  
- Développer une interface pour partager les données avec les agriculteurs et agricultrices

**Défi :** passer du concept à la mise en œuvre opérationnelle → fiabilité, rentabilité, etc.








# Questions?

Merci de votre  
attention

*Merci*

Yacine Bouroubi 

+1 819-821-8000 #62522 

Yacine.Bouroubi@usherbrooke.ca.com 

<https://www.usherbrooke.ca/geomatique/> 