

- Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de la robotique pour l'agriculture.

Roland Lenain, chercheur INRAE, [roland.lenain@inrae.fr](mailto:roland.lenain@inrae.fr)

La robotique peut-elle servir la transition écologique ?

Journée AP1 : Robotique et transition agro-écologique, Paris, 30/05/2024

# De la nécessaire évolution des pratiques

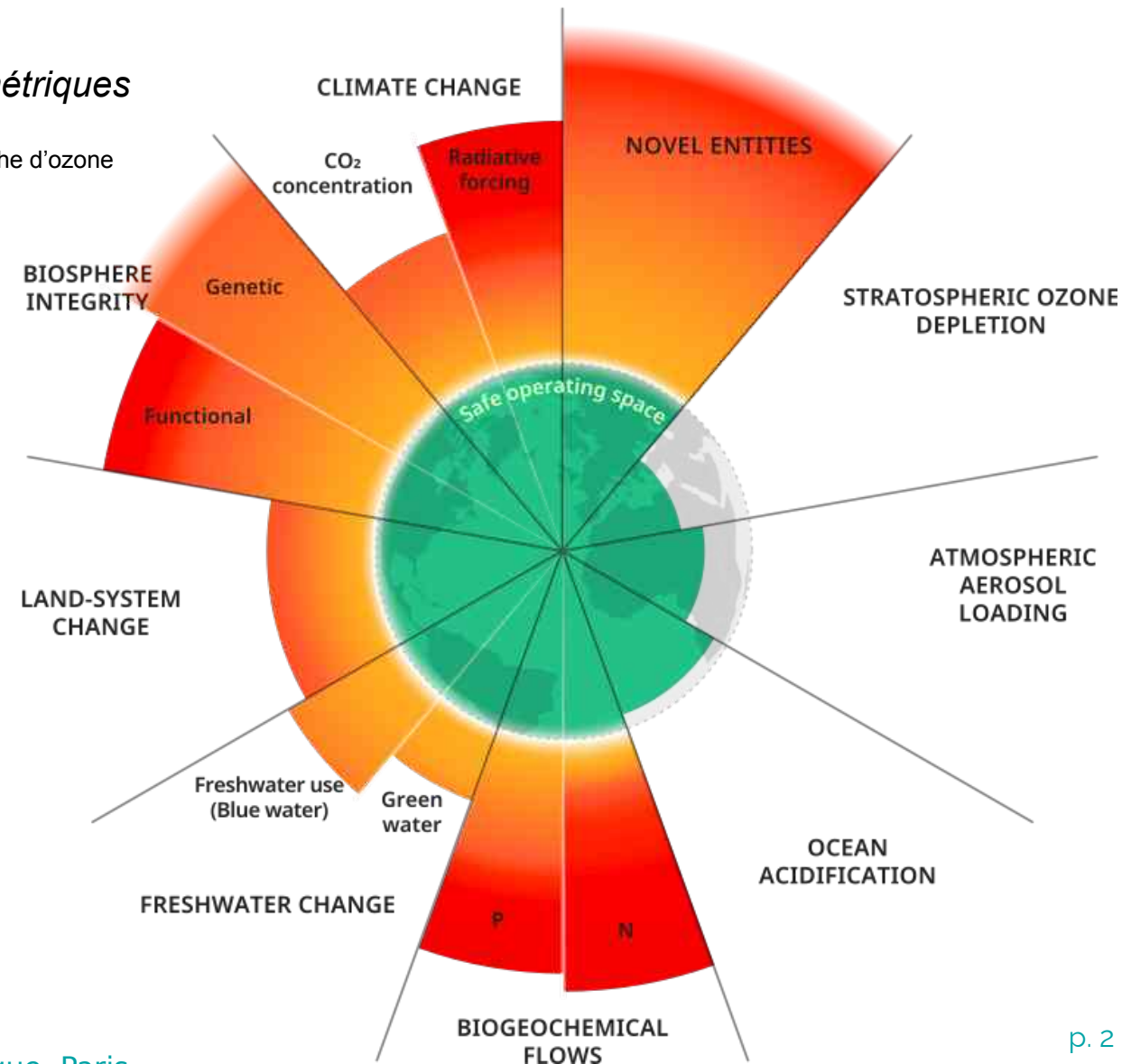
## Les éléments clefs de la crise agri-environnementale

De la surexploitation des ressources naturelles

### Concepts de plafond écologique (limites planétaires) sur 10 métriques

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| — Réchauffement climatique | — Appauvrissement de la couche d'ozone |
| — Acidification des océans | — Conversion des terres                |
| — Pollution chimique       | — Réduction de la biodiversité         |
| — Gaz azote et phosphore   | — Pollution de l'air                   |
| — Consommation d'eau douce |  |

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=137567442>



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

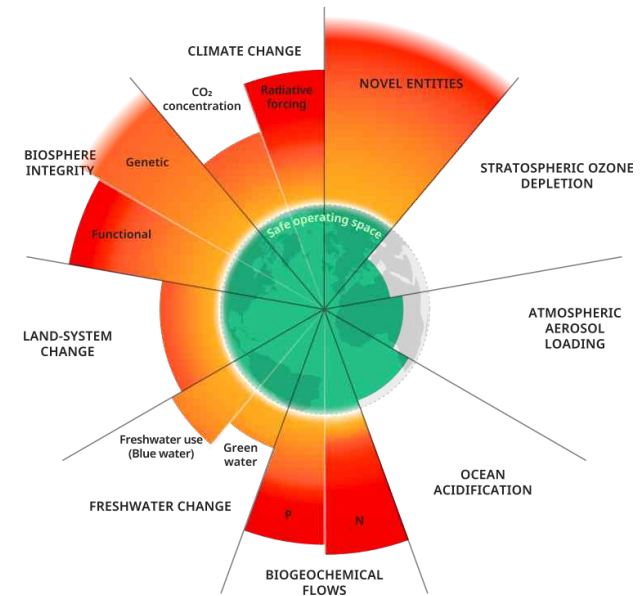
30/05/2024 - Journée AP1 : Robotique et transition agro-écologique, Paris

# De la nécessaire évolution des pratiques

## Les éléments clefs de la crise agri-environnementale

De la surexploitation des ressources naturelles

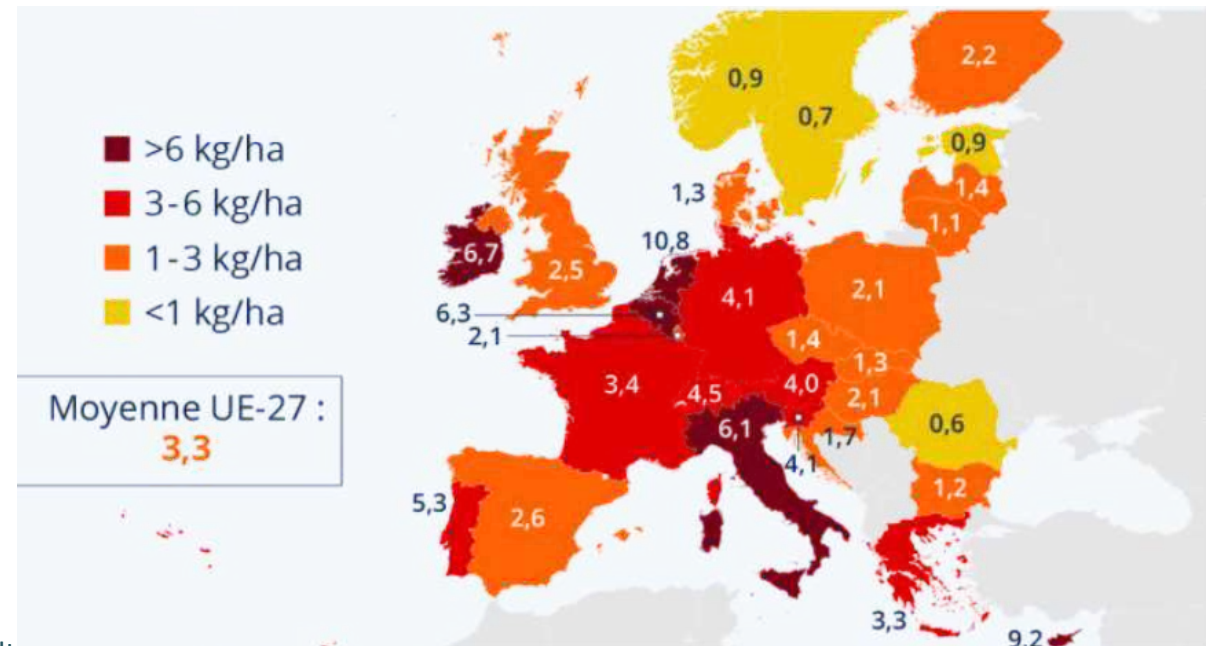
### Concepts de plafond écologique sur 10 métriques



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=137567442>

### Une responsabilité directe des pratiques agricoles

- Utilisation massive de pesticide
- Appauvrissement des sols
- Pollution chimique
- Gaz azote et phosphore
- Consommation d'eau douce



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

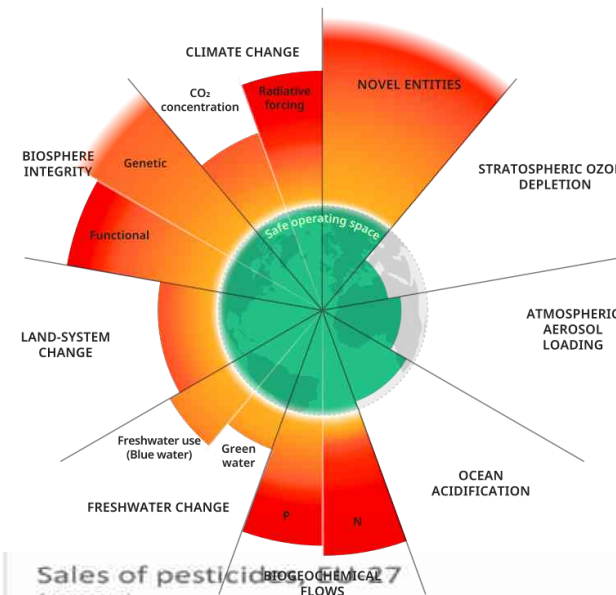
# De la nécessaire évolution des pratiques

## Les éléments clefs de la crise agri-environnementale

### De la surexploitation des ressources naturelles

#### Concepts de plafond écologique sur 10 métriques

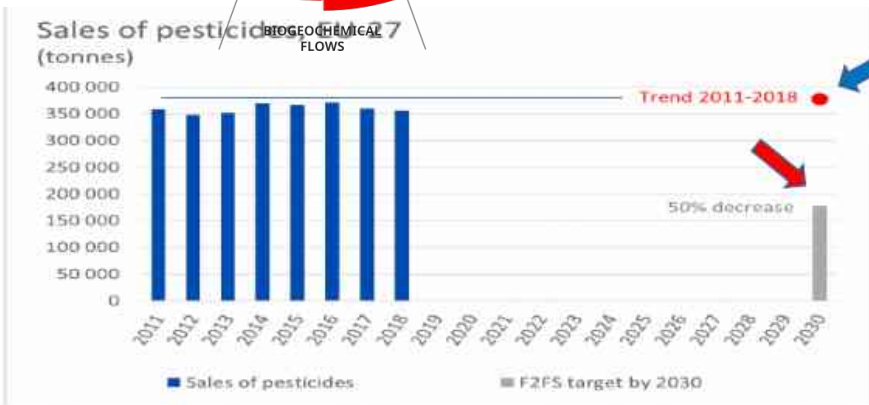
- |                            |  |
|----------------------------|--|
| — Réchauffement climatique | — Appauvrissement de la couche d'ozone |
| — Acidification des océans | — Conversion des terres                |
| — Pollution chimique       | — Réduction de la biodiversité         |
| — Gaz azote et phosphore   | — Pollution de l'air                   |
| — Consommation d'eau douce |  |



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=137567442>

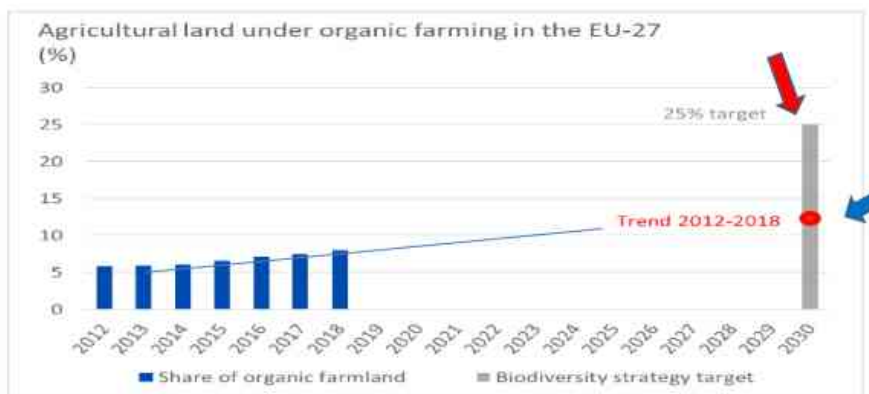
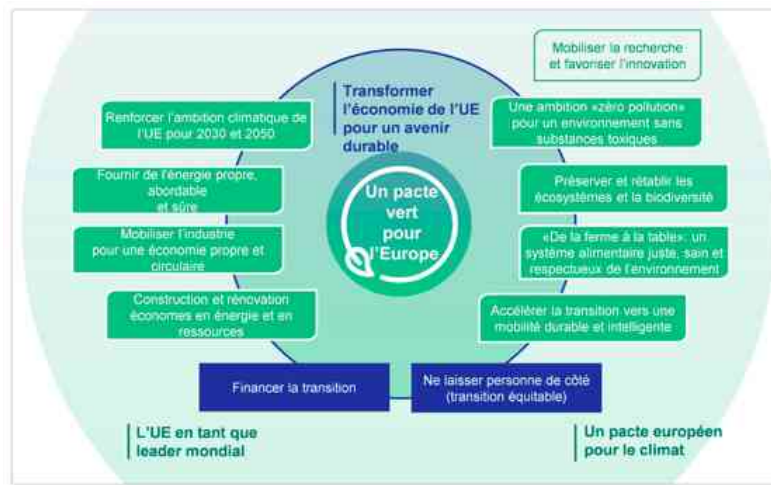
### Une responsabilité directe des pratiques agricoles

- Utilisation massive de pesticide
- Appauvrissement des sols
- Pollution chimique
- Gaz azote et phosphore
- Consommation d'eau douce



### Une trajectoire pour sortir de la crise

- Neutralité carbone en 2050
  - Une trajectoire pour 2030
- The European Green Deal



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

# De la nécessaire évolution des pratiques

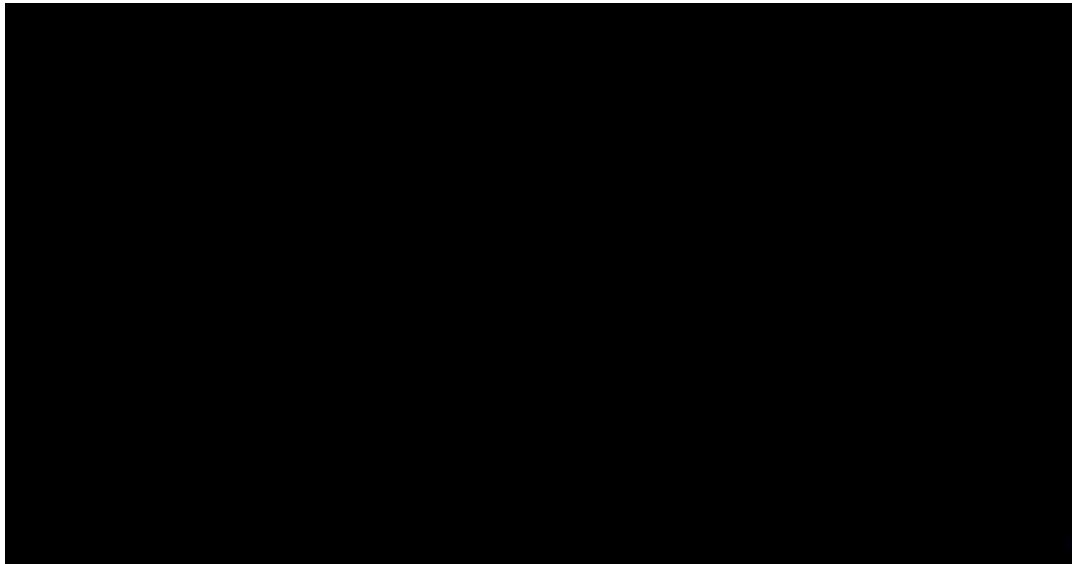
## Optimiser ou changer de paradigme ?

### De l'apport des technologies robotiques

#### #1 Optimiser l'agriculture conventionnelle

- Optimisation des quantités d'intrant
- Accroître la précision du travail
- Diminuer l'exposition aux risques
- Libérer l'humain des tâches pénibles
- Augmenter les surfaces exploitées

Robot de pulvérisation ciblée @EcoroBotix



Trekto @Sitia



Désherbage mécanique @FarmDroid



# De la nécessaire évolution des pratiques

## Optimiser ou changer de paradigme ?

De l'apport des technologies robotiques

### #2 Proposer de nouvelles pratiques - Agroécologie

agroécologie

Mobilisation des principes écologiques de fonctionnement de l'agrosystème et de ses atouts pour réaliser une agriculture à la fois efficiente et sobre sur son recours aux ressources



# De la nécessaire évolution des pratiques

## Optimiser ou changer de paradigme ?

De l'apport des technologies robotiques

### #2 Proposer de nouvelles pratiques - Agroécologie

agroécologie

Mobilisation des principes écologiques de fonctionnement de l'agrosystème et de ses atouts pour réaliser une agriculture à la fois efficiente et sobre sur son recours aux ressources

#### Principes généraux

- Les régulations biologiques peuvent assurer, au moins en partie, le contrôle des ravageurs
- Les pratiques agricoles permettent de gérer la fertilité des sols
- Un sol vivant et riche en matière organique permet une meilleure efficacité de l'eau »
- Un respect de la fonctionnalité de tous les services écosystémiques attendus



# De la nécessaire évolution des pratiques

## Optimiser ou changer de paradigme ?

De l'apport des technologies robotiques

### #2 Proposer de nouvelles pratiques - Agroécologie

agroécologie

Mobilisation des principes écologiques de fonctionnement de l'agrosystème et de ses atouts pour réaliser une agriculture à la fois efficiente et sobre sur son recours aux ressources

#### Principes généraux

- Les régulations biologiques peuvent assurer, au moins en partie, le contrôle des ravageurs
- Les pratiques agricoles permettent de gérer la fertilité des sols
- Un sol vivant et riche en matière organique permet une meilleure efficacité de l'eau »
- Un respect de la fonctionnalité de tous les services écosystémiques attendus

#### Des déclinaisons en exploitant plusieurs pratiques

- Agriculture biologique
- Permaculture
- Agriculture naturelle
- Agriculture de conservation
- Agroforesterie

Utilisation d'intrants

Fertilisation  
Lutte ravageurs  
....



Ecosystème

Complémentarité espèces  
Biodiversité  
Ecosystème  
....



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

# De la nécessaire évolution des pratiques

## Optimiser ou changer de paradigme ?

Vers des pratiques agroécologiques

### Association de cultures en ligne

- Utiliser des cultures complémentaires
- Culture d'intérêt – culture compagnes

- Suivi du développement
- Traitements différenciés

BLE-FEVEROLE



ORGE-POIS PROTEAGINEUX



Tableau des associations de cultures

Si certaines associations de plantes sont bénéfiques d'autres sont à éviter, car certaines plantes peuvent sécréter des molécules néfastes à d'autres. Certaines plantes ne s'aiment pas elles-mêmes, comme la carotte qui pousse mal là où auparavant il y en avait déjà (végète, plus de sensibilité aux ravageurs). Veiller au voisinage des légumes entre eux permet d'optimiser la croissance et de réduire les attaques de parasites. Issus de multiples recherches bibliographiques, voici les **compagnonnages favorables et défavorables** :

	Ananas	Aubergine	Carotte	Céleri	Chou (en général)	Concombre salade	Courge	Courgette	Cramanoïc	Dachine	Haricot	Igname	Laitue	Mais doux	Navet	Oseille pays	Pastèque	Patate douce	Persil	Piment fort	Piment doux	Poivron	Radis	Tomate
Ananas	X																							
Aubergine		X																						
Carotte			X																					
Céleri				X																				
Chou (en général)					X																			
Concombre salade						X																		
Courge							X																	
Courgette								X																
Cramanoïc									X															
Dachine										X														
Haricot											X													
Igname												X												
Laitue													X											
Mais doux														X										
Navet															X									
Oseille pays																X								
Pastèque																	X							
Patate douce																		X						
Persil																			X					
Piment fort																				X				
Piment doux																					X			
Poivron																						X		
Radis																							X	
Tomate																								X



# De la nécessaire évolution des pratiques

## Optimiser ou changer de paradigme ?

Vers des pratiques agroécologiques

### Association de cultures en ligne

- Utiliser des cultures complémentaires
- Culture d'intérêt – culture compagnes

→ Suivi du développement

→ Traitements différenciés



### Pixel cropping

- Association à l'échelle de chaque plante
- Culture d'intérêt – culture compagnes

→ Travail de haute précision et reconnaissance

→ Discrimination de chaque plante

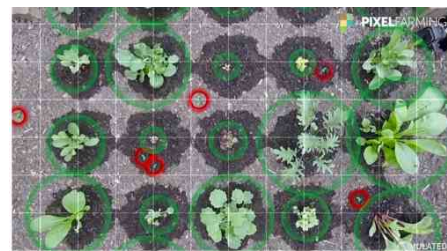


Tableau des associations de cultures

Si certaines associations de plantes sont bénéfiques d'autres sont à éviter, car certaines plantes peuvent sécréter des molécules néfastes à d'autres. Certaines plantes ne s'aiment pas elles-mêmes, comme la carotte qui pousse mal là où auparavant il y en avait déjà (végète, plus de sensibilité aux ravageurs).  
Veiller au voisinage des légumes entre eux permet d'optimiser la croissance et de réduire les attaques de parasites. Issus de multiples recherches bibliographiques, voici les **compagnonnages favorables et défavorables** :

	Ananas	Aubergine	Carotte	Céleri	Chou (en général)	Concombre salade	Courge	Courgette	Cramanoc	Dachine	Haricot	Igname	Laitue	Mais doux	Navet	Oseille pays	Pastèque	Patate douce	Persil	Piment	Piment doux	Poivron	Radis	Tomate
Ananas	X																							
Aubergine		X																						
Carotte			X																					
Céleri				X																				
Chou (en général)					X																			
Concombre salade						X																		
Courge							X																	
Courgette								X																
Cramanoc									X															
Dachine										X														
Haricot											X													
Igname												X												
Laitue													X											
Mais doux														X										
Navet															X									
Oseille pays																X								
Pastèque																	X							
Patate douce																		X						
Persil																			X					
Piment fort																				X				
Piment doux																					X			
Poivron																						X		
Radis																							X	
Tomate																								X

# De la nécessaire évolution des pratiques

## Optimiser ou changer de paradigme ?

### Vers des pratiques agroécologiques

#### Association de cultures en ligne

- Utiliser des cultures complémentaires
  - Culture d'intérêt – culture compagnes
- Suivi du développement
- Traitements différenciés



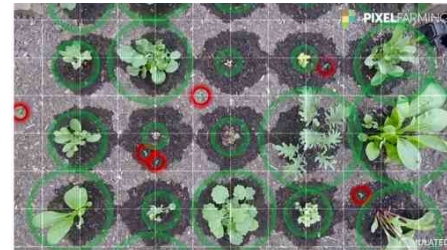
Tableau des associations de cultures

Si certaines associations de plantes sont bénéfiques d'autres sont à éviter, car certaines plantes peuvent sécréter des molécules néfastes à d'autres. Certaines plantes ne s'aiment pas elles-mêmes, comme la carotte qui pousse mal là où auparavant il y en avait déjà (végète, plus de sensibilité aux ravageurs). Veiller au voisinage des légumes entre eux permet d'optimiser la croissance et de réduire les attaques de parasites. Issus de multiples recherches bibliographiques, voici les **compagnonnages favorables et défavorables** :

	Ananas	Aubergine	Carotte	Céleri	Chou (en général)	Concombre salade	Courge	Courgette	Cramanoïc	Dachine	Haricot	Igname	Laitue	Navet	Oseille pays	Pastèque	Patate douce	Persil	Piment fort	Piment doux	Poivron	Radis	Tomate
Ananas	X																						
Aubergine		X																					
Carotte			X																				
Céleri				X																			
Chou (en général)					X																		
Concombre salade						X																	
Courge							X																
Courgette								X															
Cramanoïc									X														
Dachine										X													
Haricot											X												
Igname												X											
Laitue													X										
Navet														X									
Oseille pays															X								
Pastèque																X							
Patate douce																	X						
Persil																		X					
Piment fort																			X				
Piment doux																				X			
Poivron																					X		
Radis																						X	
Tomate																							X

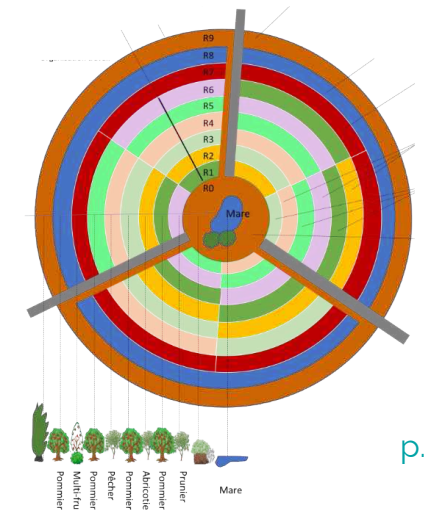
#### Pixel cropping

- Association à l'échelle de chaque plante
  - Culture d'intérêt – culture compagnes
- Travail de haute précision et reconnaissance
- Discrimination de chaque plante



#### Reconception de systèmes complets

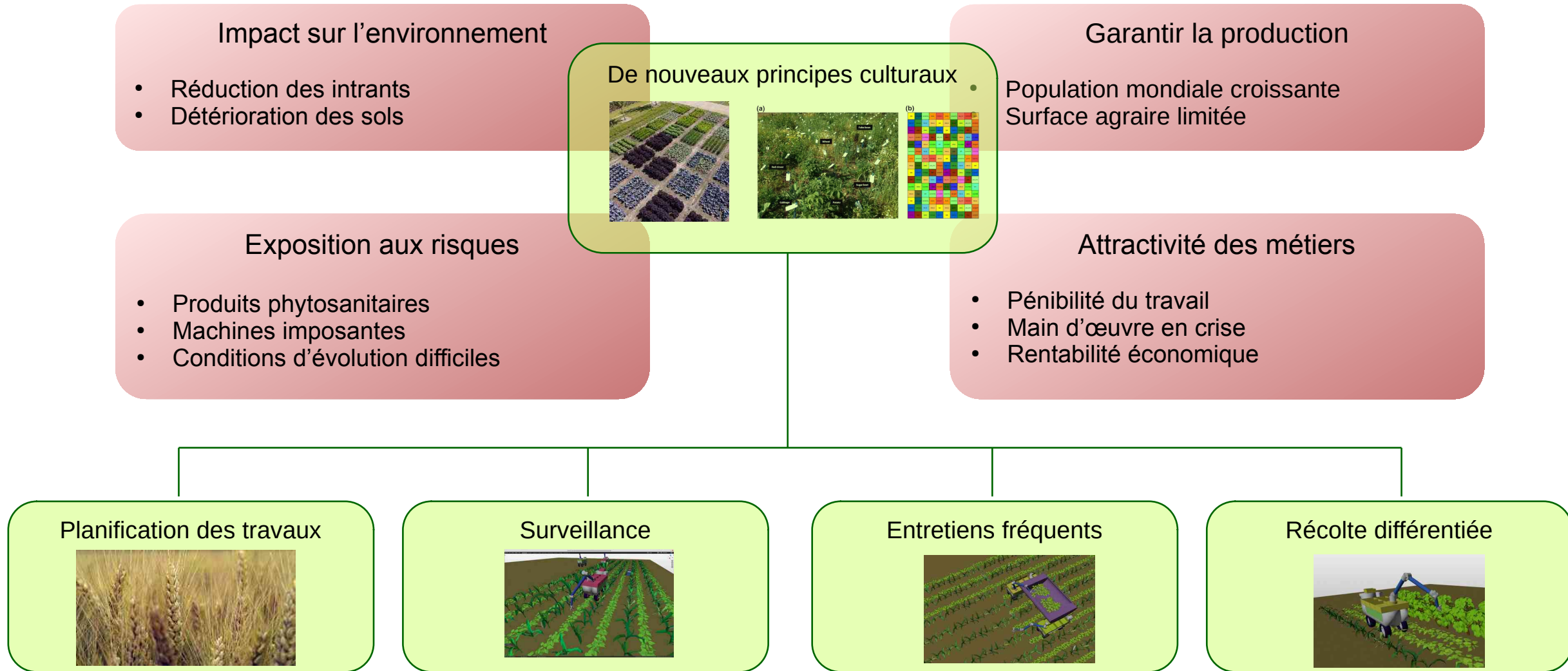
- Exemple du projet Z (Gotheron)
  - Association d'essence et de zones particulières
- Un entretien très régulier
- Pas d'outil adaptés



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

# De la nécessaire évolution des pratiques

## Les nouvelles technologies pour l'agroécologie



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

# Des verrous pour la démocratisation des outils robotiques

## Problématiques scientifiques et sociétales – thématique pluridisciplinaire

Quelles évolutions des pratiques?



People tracking



Association



Row following



Footprints tracking



Comment adapter les comportements robotiques ?

Comment amener des standards de sécurité?



Détection et évitement



Précision et intégrité



Maintien stabilité

Cobotique



Outils de supervision



Système de gestion



Appropriation des nouvelles technologies ?

# Challenges for robots moving off the road in farming context

## Un seul comportement pour toutes les activités

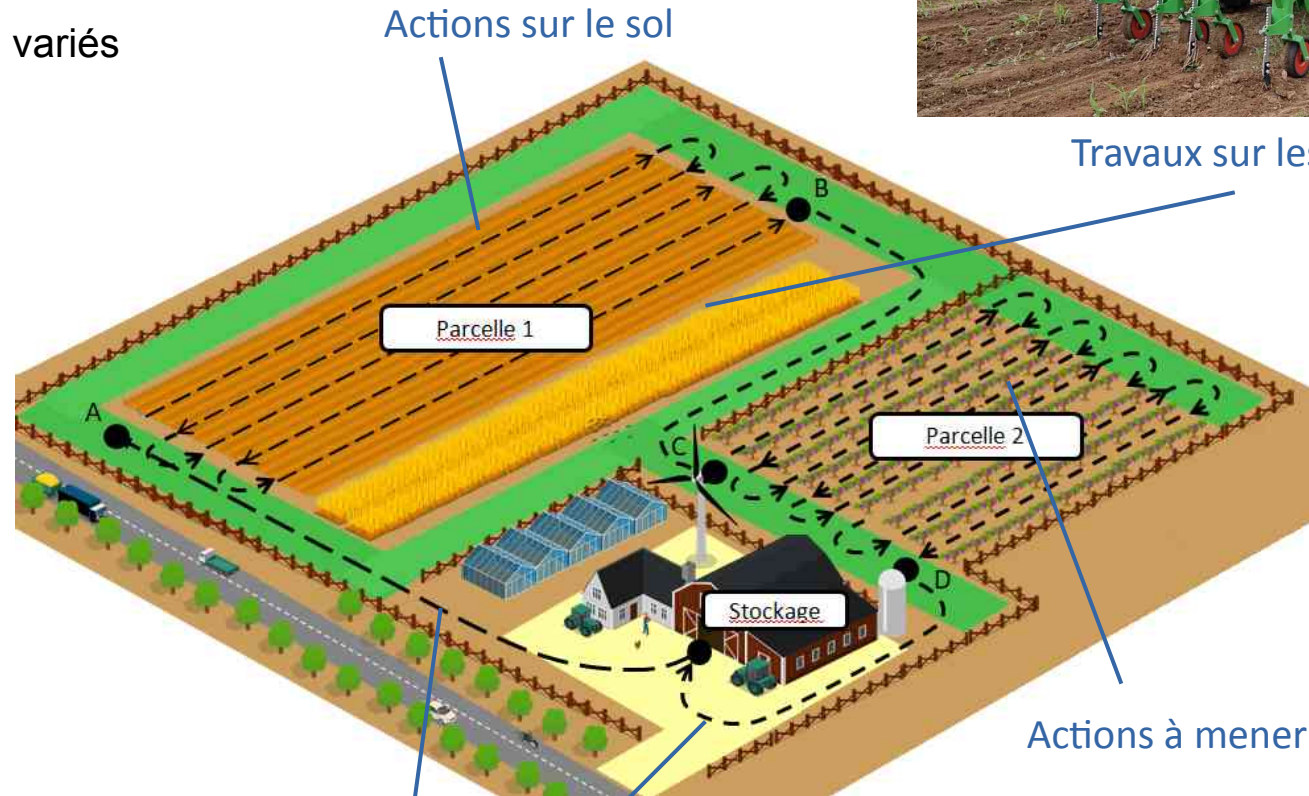
- Plusieurs actions à mener dans des contextes variés

- Structures exploitables
- Outils embarqué et charge
- Interaction sol robots
- Intervention humaine
- Vitesses de travail et rendement

- Variabilités des conditions

- Nature et types de sols
- Géométrie du terrain d'évolution
- Conditions météorologiques
- Poussières et éclairage

➔ En fonctions des pratiques



Intérieur/extérieur des bâtiments



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agri

30/05/2024 - Journée AP1 : Robotique et transition agri

# Quelques problématiques scientifiques

- De l'adaptation à la prise de décision

Appréhender la diversité des contextes

Discrimination végétale

Contrôle NN

Planification tâche

Adaptation comportement

Perception de l'environnement

Interprétation scène

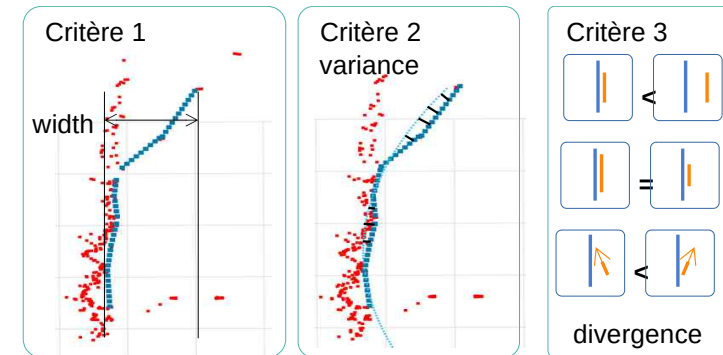
Garantir la répétabilité



@Tiara [SaniAgri] Commutation de comportements

## Sélection du comportement

- Métrique d'évaluation robotiques
- Processus de décision
- Parmi N comportements Sensori-moteurs
- Intégration de critères agronomiques



# Quelques problématiques scientifiques

- De l'adaptation à la prise de décision

Appréhender la diversité des contextes

Discrimination végétale

Contrôle NN

Planification tâche

Adaptation comportement

Perception de l'environnement

Interprétation scène

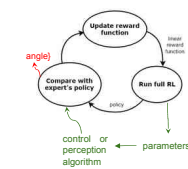
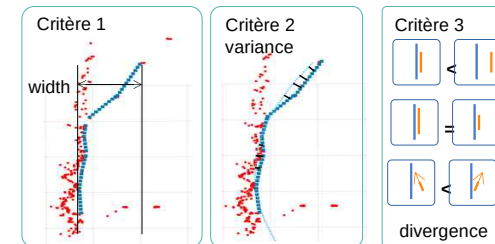
Garantir la répétabilité

@PumAgri – Commutation empreinte – Loc UWB



## Sélection du comportement

- Métrique d'évaluation robotiques
- Processus de décision
- Parmi N comportements Sensori-moteurs
- Intégration de critères agronomiques

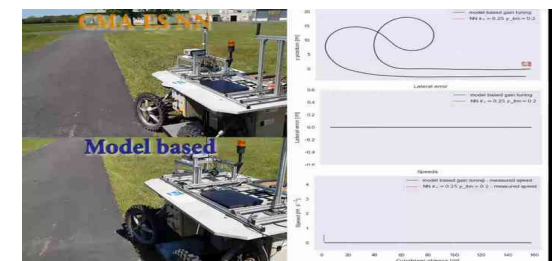
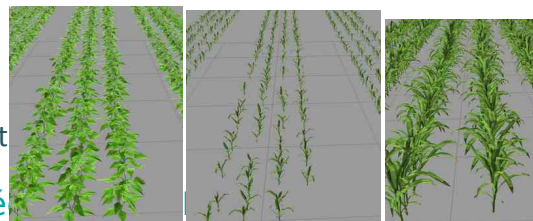


@CollabCEA-List – thèse A. Hill



## Modifications des paramètres de perception/commandes

- Règles de décision expertes – lois d'adaptation
- CMA-ES pour modifier les paramètres de commande
- Apprentissage sur les paramètres de perception



@PumAgri Reconnaissance empreinte et switch GPS, durant le challenge Acre-Metrics

pour l'agricult

# Quelques problématiques scientifiques

- De l'adaptation à la prise de décision

Appréhender la diversité des contextes

Discrimination végétale

Contrôle NN

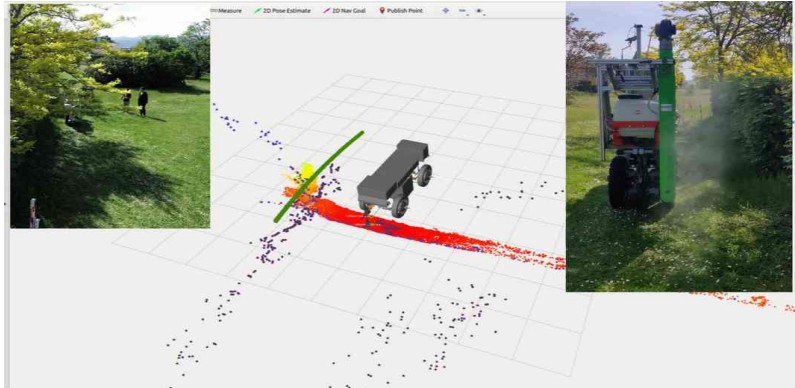
Planification tâche

Adaptation comportement

Perception de l'environnement

Interprétation scène

Garantir la répétabilité



## Modèle numérique du terrain

- Agrégation des usages de points successifs
- Traitement des informations 3D – capacité véhicule
- Calcul de la vitesse maximale de passage
- Limitation par rapport au masquage de la végétation
- De la perception optique au palpeurs



# Quelques problématiques scientifiques

- De l'adaptation à la prise de décision

Appréhender la diversité des contextes

Discrimination végétale

Contrôle NN

Planification tâche

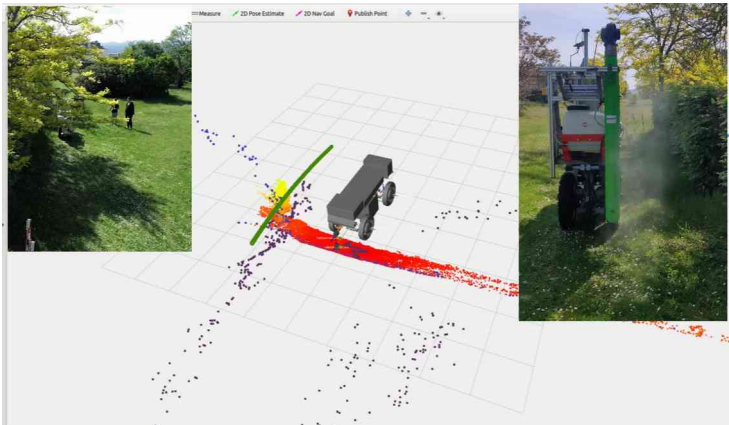
Adaptation comportement

Perception de l'environnement

Interprétation scène

Garantir la répétabilité

@CCMSA – VitiTrack  
Reconstruction 3D - Pulvé



## Modèle numérique du terrain

- Agrégation des uages de points successifs
- Traitement des informations 3D – capacité véhicule
- Calcul de la vitesse maximale de passage
- Limitation par rapport au masquage de la végétation
- De la perception optique au palpeurs



@Agrivia – Innodura  
Evaluation de la traversabilité

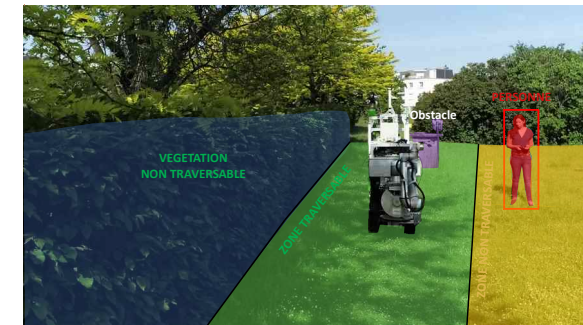


Row following, classification & stop - Cézeaux

## Reconstruction enrichie de l'environnement

- Dépasser le caractère géométrique
- Anticiper le caractère déformable
- Caractérisation multicapteurs

➔ Vers des systèmes de perception enrichis et certifiés [Agrivia, GeoSur, Loadix]



ue pour l'agriculture

# Quelques problématiques scientifiques

- De la nécessaire garantie de la sûreté de fonctionnement

Maintenir l'intégrité et la sûreté

Cybersécurité

Certification de code

Diagnostic de fonctionnement

Analyse traversabilité

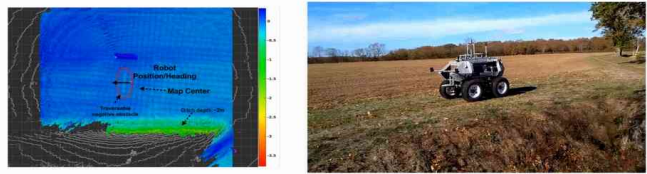
Contrôlabilité/stabilité

Maintien de la précision

Protocole de tests

**ROMEA** Coopération homme robot

- Nouveaux développements scientifiques : traversabilité de la trajectoire pour le retour automatique
  - Construction d'un Modèle Numérique de Terrain dense
  - Asservissement de la trajectoire et de la vitesse / paramètres dynamiques du véhicule

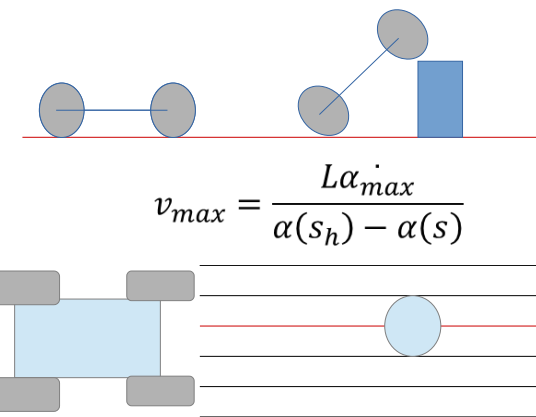


Evaluation HCERES - 31 janvier 2020 **INRAE**

## Calcul de la vitesse de passage admissible

- Connaissance des « chocs admissibles par la structure »
- Calcul de la pose future du robot sur la zone
- Projection sur un arbre de trajectoire
- Décision sur le chemin optimal
- Discrétisation sur le nombre de candidat

➔ Lien avec les aspects légaux et interprétation



# Quelques problématiques scientifiques

- De la nécessaire garantie de la sûreté de fonctionnement

Maintenir l'intégrité et la sûreté

Cybersécurité

Certification de code

Diagnostic de fonctionnement

Analyse traversabilité

Contrôlabilité/stabilité

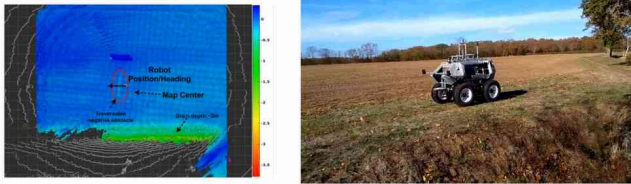
Maintien de la précision

Protocole de tests

ROMEA Coopération homme robot

## Nouveaux développements scientifiques : traversabilité de la trajectoire pour le retour automatique

- Construction d'un Modèle Numérique de Terrain dense
- Asservissement de la trajectoire et de la vitesse / paramètres dynamiques du véhicule



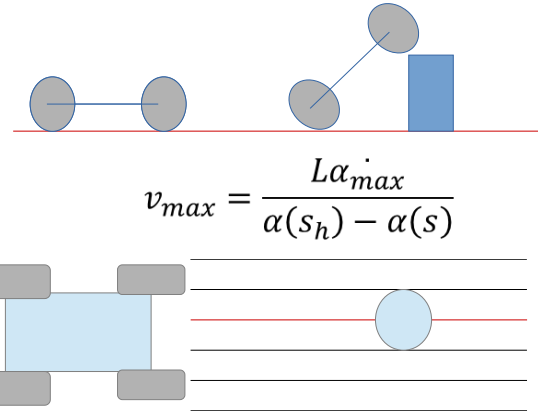
Evaluation HCERES - 31 janvier 2020

INRAE

## Calcul de la vitesse de passage admissible

- Connaissance des « chocs admissibles par la structure »
- Calcul de la pose future du robot sur la zone
- Projection sur un arbre de trajectoire
- Décision sur le chemin optimal
- Discretisation sur le nombre de candidat

➔ Lien avec les aspects légaux et interprétation



## Définition de protocoles d'évaluation

- Mise en œuvre de procédures répétables de tests
- Différents aspects (collision, maintien de zones, perturbation)
- Conditions pour la certification
- Acceptabilité entre constructeurs et niveau d'exigence



Arpa - Test de protocoles d'évitement de collision

Attentes de robotique pour la représentativité des risques réels

# Quelques problématiques scientifiques

- Interaction avec l'environnement

De nouveaux outils de travail

Contrôle de robots souples

Robots à grande dimension

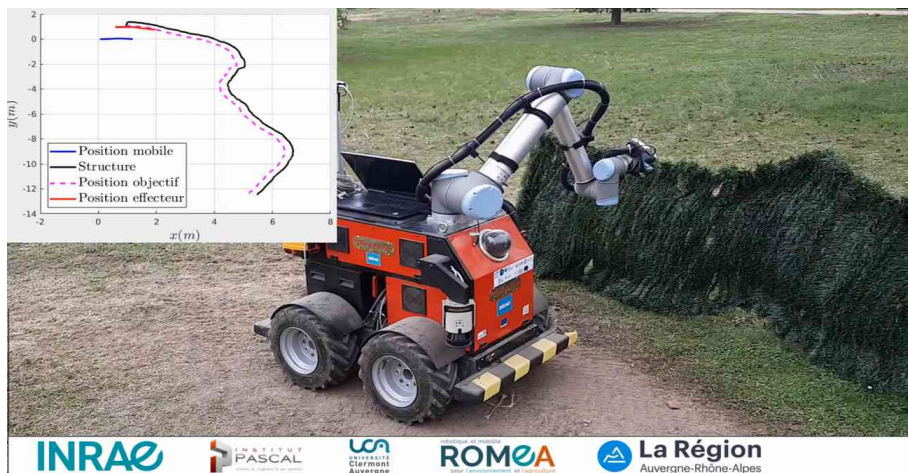
xxx

Conception nouveaux outils

Gestion des redondances

Préhension/manipulation

Corps déformables



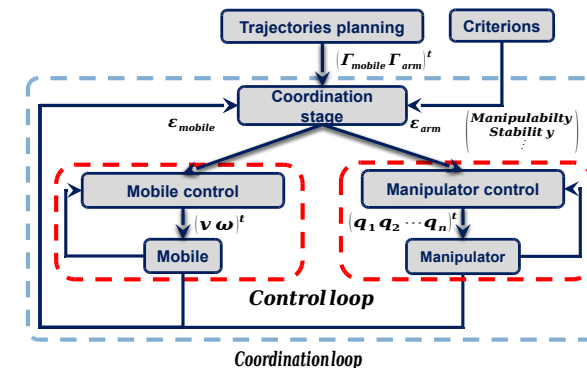
@IP+INRAE – Coordination manipulateurs mobiles



## Coordination de systèmes redondants

- Commande optimale de système
- Couplage externe pour la généricité
- Optimisation d'une fonction multi-critères
- Applications en vraie grandeur

➔ Prédiction et critères agroécologiques.



Projet NinSAR  
PEPR Agroéco et Num



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

30/05/2024 – Journée AP1 : Robotique et transition agro-écologique, Paris

# Quelques problématiques scientifiques

- Interaction avec l'environnement

De nouveaux outils de travail

Contrôle de robots souples

Robots à grande dimension

xxx

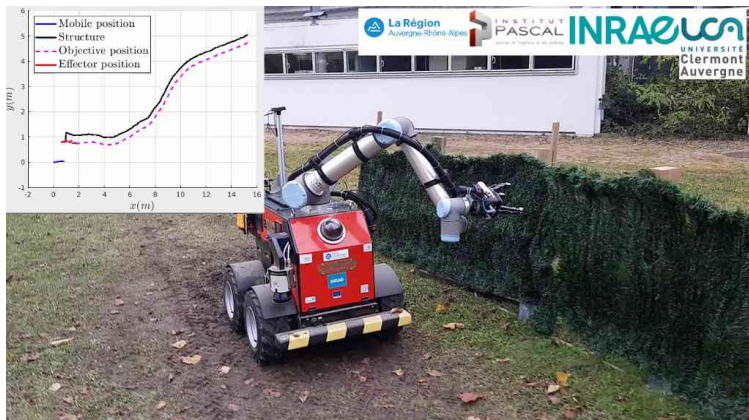
Conception nouveaux outils

Gestion des redondances

Préhension/manipulation

Corps déformables

@INRAE – Coordination manipulateurs mobiles



## Coordination de systèmes redondants

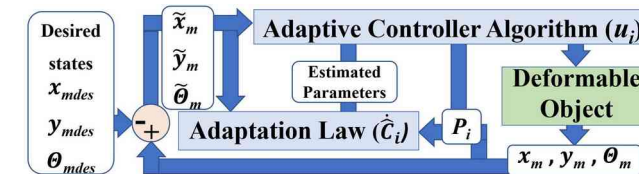
- Commande optimale de système
- Couplage externe pour la généricité
- Optimisation d'une fonction multi-critères
- Applications en vraie grandeur

➔ Prédiction et critères agroécologiques.



## Manipulation d'objets flexibles

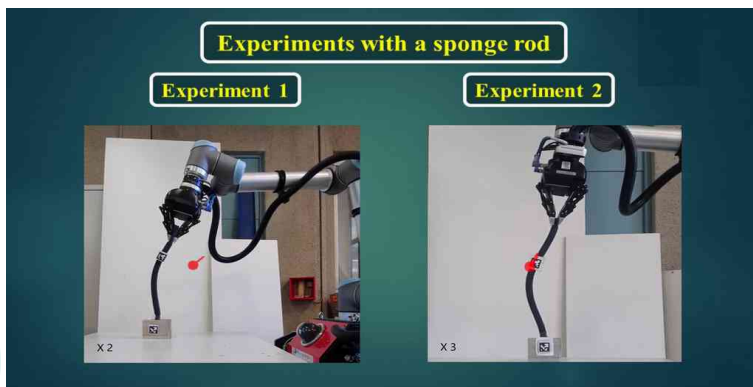
- Estimation en ligne de la flexibilité
- Plusieurs approches adaptatives
- Extension à la déformabilité tridimensionnelle
- Approche robuste du contrôle de forme



pour l'agriculture

➔ Extension au multibras et perception en vraie grandeur

@INRAE – Coordination manipulateurs mobiles



# Quelques problématiques scientifiques

- De l'interaction avec des corps déformables

Appropriation de la robotique

Sys. Cultures

Formations des agriculteurs

Gestion données

Coopération H-R

Coordination essaim

Supervision

Interface de communication

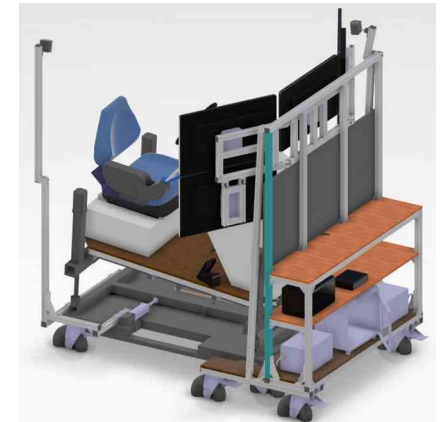
Interopérabilité

@SuperRob – Tiara –  
Supervision de flottes et capteurs



## Interfaces de supervision et contrôle distant

- Visualisation distante de l'état des robots
  - Contrôle du départ des robots
  - Modification des paramètres des comportements
  - Diagnostic distant de l'état des robots
- ➡ Vers une interface et pilotage en RV ?
- ➡ Suite dvp et gestion/exploitation données CapaRob



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

30/05/2024 – Journée AP1 : Robotique et transition agro-écologique, Paris

# Quelques problématiques scientifiques

- De l'interaction avec des corps déformables

Appropriation de la robotique

Sys. Cultures

Formations des agriculteurs

Gestion données

Coopération H-R

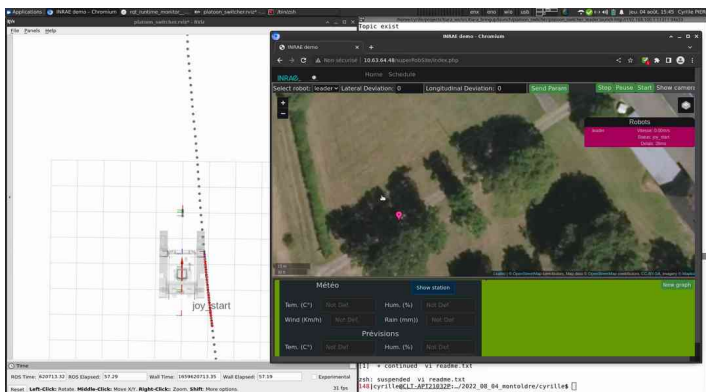
Coordination essaim

Supervision

Interface de communication

Interopérabilité

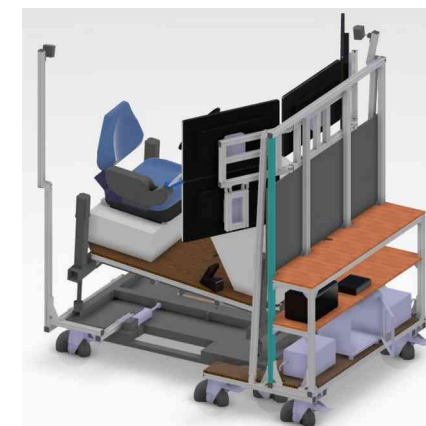
@SuperRob – Tiara –  
Supervision de flottes et capteurs



## Interfaces de supervision et contrôle distant

- Visualisation distante de l'état des robots
- Contrôle du départ des robots
- Modification des paramètres des comportements
- Diagnostic distant de l'état des robots

- ➔ Vers une interface et pilotage en RV ?
- ➔ Suite dvp et gestion/exploitation données CapaRob



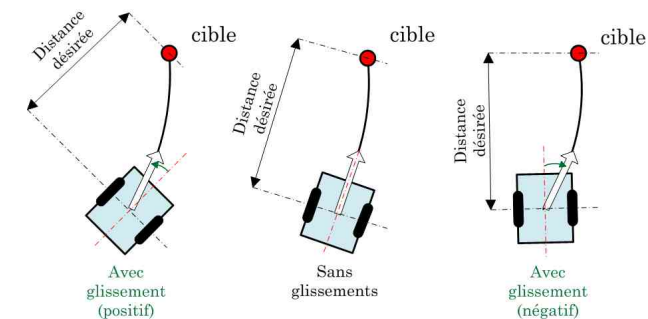
@BaudetRob – Suivi  
piéton pour l'assistance



## Suivi d'un opérateur manuel

- Tracking des jambes par lidar
- Suivi de cibles par UWB
- Perception et évitement structure
- Compréhension naturelle du fonctionnement

- ➔ Interaction directe robot/humain



e pour l'agriculture

# Les apports et promesses des technologies liées à la robotique et à l'IA

## Intérêt dans le cadre de la transition agroécologique

### Accompagnement d'un changement de paradigme

- Réaliser des travaux humainement inenvisageables
- Préserve « l'accomplissement » de l'humanité [ou une forme de liberté]
- Lève potentiellement d'autres contraintes
- Peu également accompagner d'autres évolutions

@ Pixel Farming



@ IronOx



# Les apports et promesses des technologies liées à l'IA

## Intérêt dans le cadre de la « crise » agro-alimentaire

### Accompagnement d'un changement de paradigme

- Réaliser des travaux humainement inenvisageable
- Préserve « l'accomplissement » de l'humanité [ou une forme de liberté]
- Lève potentiellement d'autres contraintes
- Peu également accompagner d'autres évolutions

@ Pixel Farming



@ IronOx

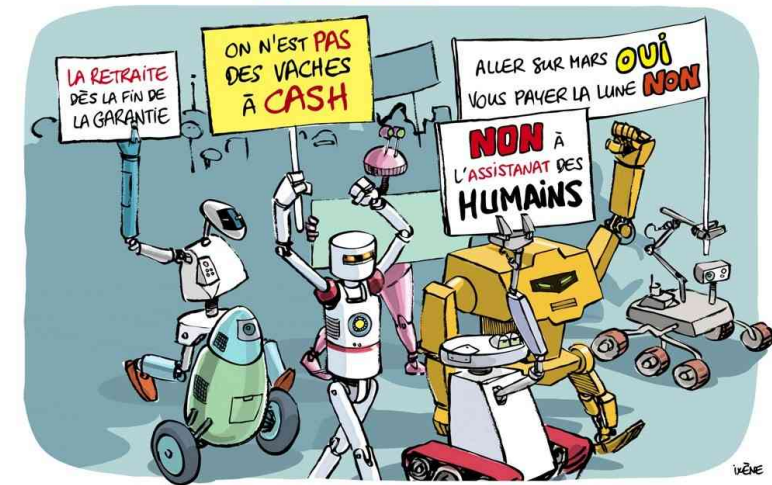


### Un choix nécessaire en fonction du modèle de société

- Acceptabilité de la décroissance au sens large?
- Acceptabilité des nouvelles technologies
- Evaluation agri-environnementale
- Modèle économique



FRANCE : TAXER LES ROBOTS EST-IL POSSIBLE ?



# Les apports et promesses des technologies robotique à l'agroécologie

## Intérêt dans le développement à grande échelle de l'agroécologie

### Accompagnement d'un changement de paradigme

- Réaliser des travaux humainement invisibles
- Préserve « l'accomplissement » de l'humanité [ou une forme de liberté]
- Lève potentiellement d'autres contraintes
- Peu également accompagner d'autres évolutions

@ Pixel Farming

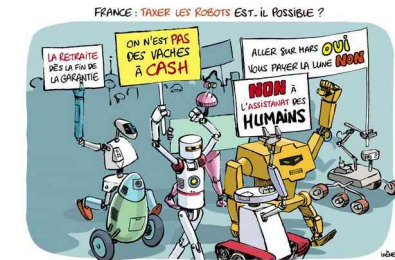


@ IronOx



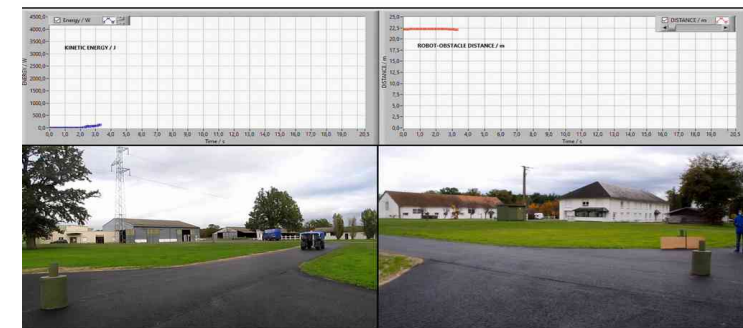
### Un choix nécessaire en fonction du modèle de société

- Acceptabilité de la décroissance au sens large?
- Acceptabilité des nouvelles technologies
- Evaluation agri-environnementale
- Modèle économique



### Vers une utilisation éclairée de la robotique

- Exploitation de technologies soutenables (bas coût, utilisabilité)
- Evaluation des nouvelles technologies et pratiques (impact, efficacité) ?
- Interaction humain – robot et intégration
- Garantir la sécurité dans des milieux potentiellement ouverts

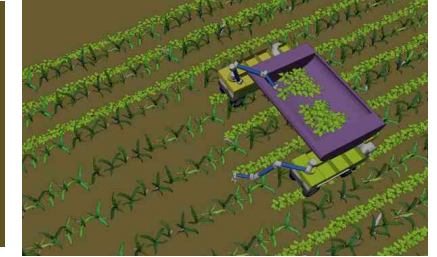
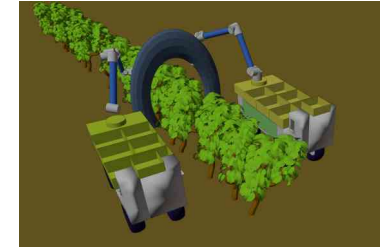
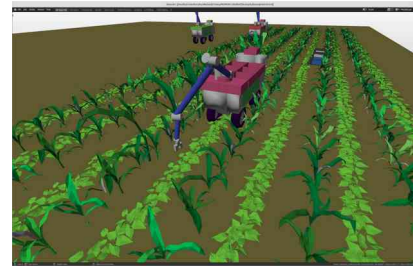


Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

# Un engagement collectif et pluridisciplinaire

## NINSAR : New Itineraries for Agroecology using cooperative Robots

- Flotte de robots légers reconfigurables
- Association en fonction du contexte
- Réalisation de cultures agroécologiques à plusieurs niveaux



➔ De l'apport de la robotique pour la transition agroécologique

## Un projet pour le développement de nouvelles approches

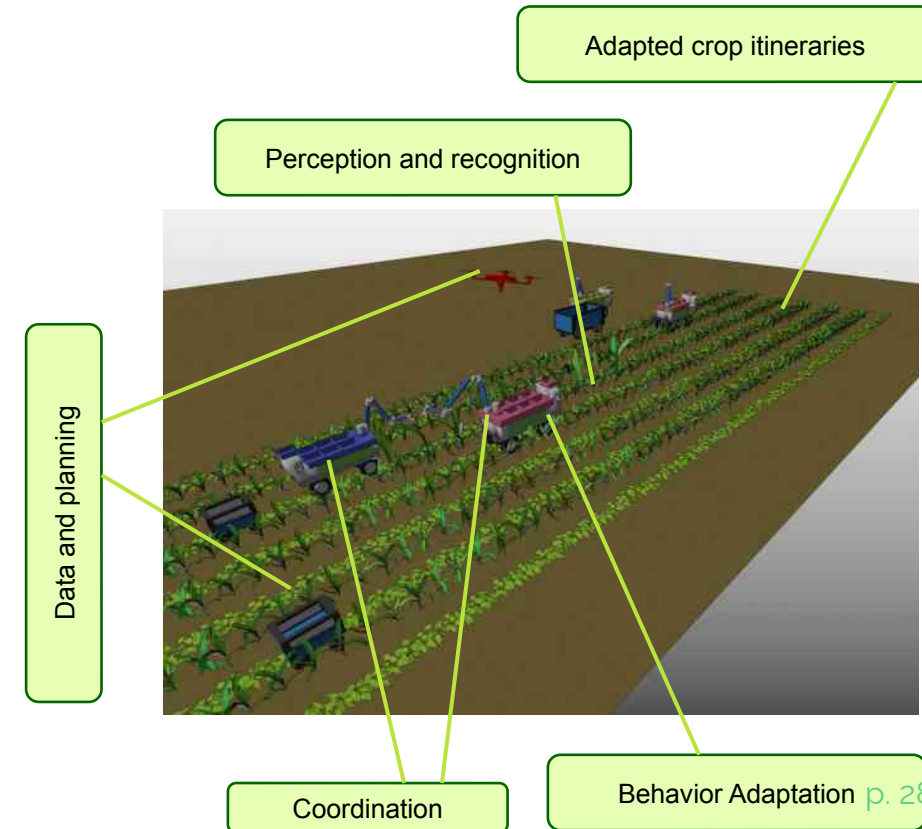
### Scénario de court terme

- Acquisition de données
- Premiers développements algorithmiques
- Mise en oeuvre concrète



### Scénario de long terme

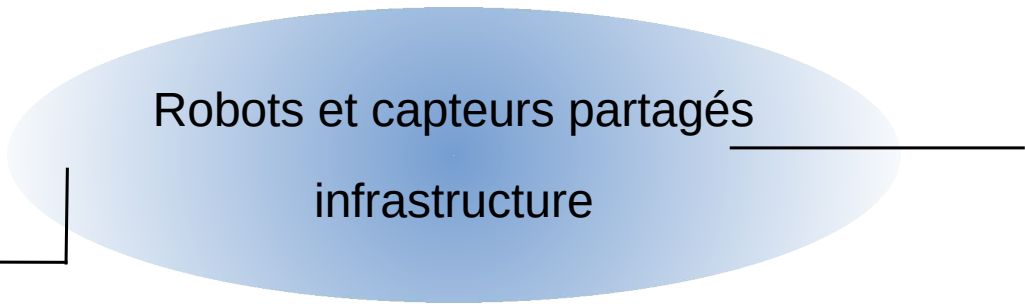
- Développement de nouveaux concepts
- Mise en oeuvre d'action locale
- Contributions scientifiques



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

# Un engagement collectif et pluridisciplinaire

## Roboterrium : un vivarium de robots mobiles tout terrain partagé



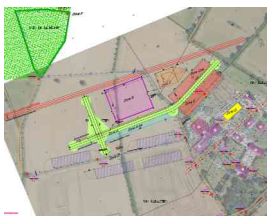
### Besoins de recherche

- Manipulation mobile tout terrains
- Modes de locomotion
- Environnement maîtrisé
- Infrastructure de tests
- Capacité de transport



- *Jumeaux numériques*
- Supervision et tests
- Base de données élémentaire

### Un site et de infrastructures comunes



### Equipements pour les tests et développement

- Environnement de simulation
- Bibliothèques partagé pour les interfaces
- Parcelle expérimentales
- Outils de prototypage



Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

# Un Grand Défi pour structurer une filière émergente

- De la recherche à l'industrialisation

Agriculteurs

Instituts techniques

Constructeurs

Fournisseurs solutions

Chercheurs

## Défis sociétaux

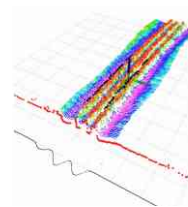
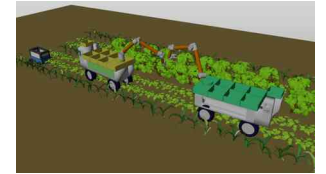
- ✓ Transition écologique
- ✓ Acceptabilité et utilisabilité
- ✓ Intégration exploitation
- ✓ Construction de nouvelles pratiques

## Défis technologiques

- ✓ Perception de l'environnement
- ✓ Sûreté de fonctionnement
- ✓ Coût et robustesse

## Défis scientifiques

- ✓ Adaptabilité des comportements robotiques
- ✓ Interactions végétation
- ✓ Sécurité des systèmes autonomes



Un Grand Défi pour réinventer l'agriculture

Les enjeux de l'agroécologie et les attentes de robotique pour l'agriculture

30/05/2024 - Journée AP1 : Robotique et transition agro-écologique, Paris