



Centre wallon de Recherches
agronomiques

Les robots en horticulture comestible

Limbourg Quentin, Véronique Leclerq

Avec le soutien de
la



Wallonie

Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Medegefinancierd door
de Europese Unie

France - Wallonie - Vlaanderen



AgRoboConnect

Contexte

Contexte agricole et environnemental

Lutte contre les adventices = enjeu majeur en production végétale

→ Utilisation des **herbicides** est fortement remise en question

↳ Une alternative est le « **désherbage mécanique robotisé** »

Avantages	Freins
<ul style="list-style-type: none">- Technologie de + en + précise- Autonomie → diminution de la charge salariale- Solution au coût et à la disponibilité de la main d'œuvre- Solution à la pénibilité d'un désherbage manuel	<ul style="list-style-type: none">- Prix- Technologie innovante et p-ê immature ?- Efficacité et adaptabilité au territoire wallon ?- Manque de retour d'expérience

Objectifs du projet

Lever les freins pour faire la promotion de ces nouvelles technologies

- Etudier, évaluer et valider ces nouvelles techniques dans les conditions régionales
- Diffuser les résultats obtenus, organiser des démonstrations et mettre à disposition, auprès de maraîchers, ces outils afin de construire pas à pas leur appropriation.

Les 4 robots évalués

Robots enjambeurs



Travail IR: Soc, lame Lelièvre, doigt Kress

Vitesse de travail : ≈ 3 km/h

Guidage: GPS et Caméra

Poids: 1500 kg 1000 kg

Robot monorang



Travail IR: Soc de binage

Vitesse de travail: ≈ 2 km/h

Guidage: GPS Caméra sur
cordeau couleur

Poids 150 kg 400 kg

Multi-tâches: implantation et récolte

Cobot enjambeur



Etude et de validation des robots

Aspects évalués

Qualité de désherbage
Sélectivité, dégâts à la culture
Précision du guidage
Autonomie et consommation électrique
Evaluation de la faisabilité économique

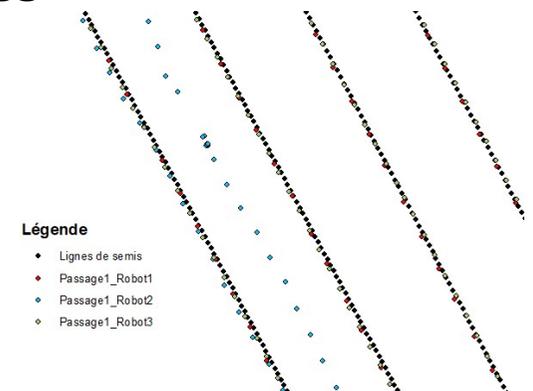
→ Rapport Datalogger – Log
→ Rapports Essai Béton et Essai Conso

Les données récoltées

Comptages au champ avant chaque désherbage



Enregistrement via datalogger



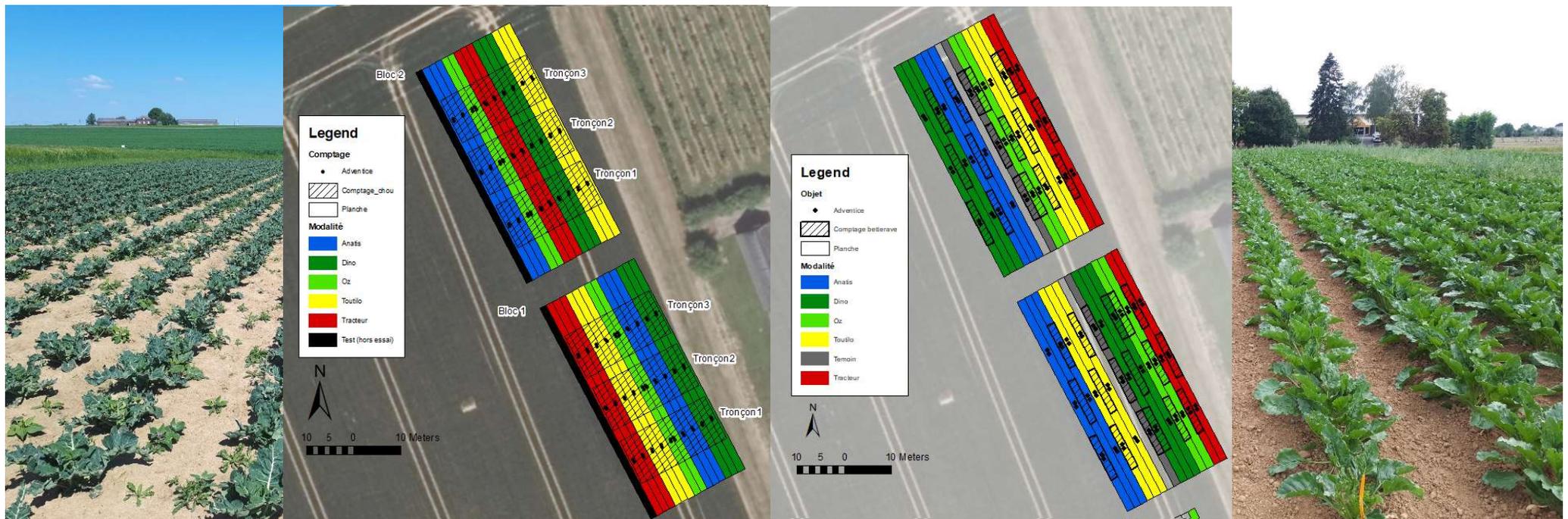
Expérimentations 2021-2022

→ Rapport Essai Champ 2021

→ Rapport Essai Champ 2022

Objectif: Itinéraire technique visant le « zéro-adventice »

2021	2022
Chou-fleur	Betterave
Plantation	Semis
75cm*40cm	50cm*20cm
Vert-gris	Vert



Expérimentations 2021-2022

Installation – Cartographie de la culture



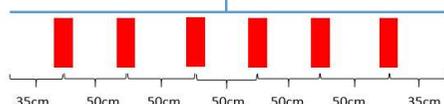
Sokkia - Référence



Septentrio –
Carto Naïo

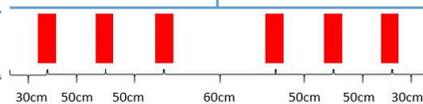


Tracteur-bineuse



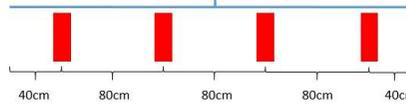
320cm

Robot enjambeur
(Anatis, Dino, Toutilo)
Témoin non désherbé



320cm

Robot mono-rang (Oz)



320cm

Expérimentations 2021-2022

Désherbage – Réglage des outils

2021 - Chou-fleur

4 désherbages

Socs

12cm



2022 - Betterave

3 désherbages

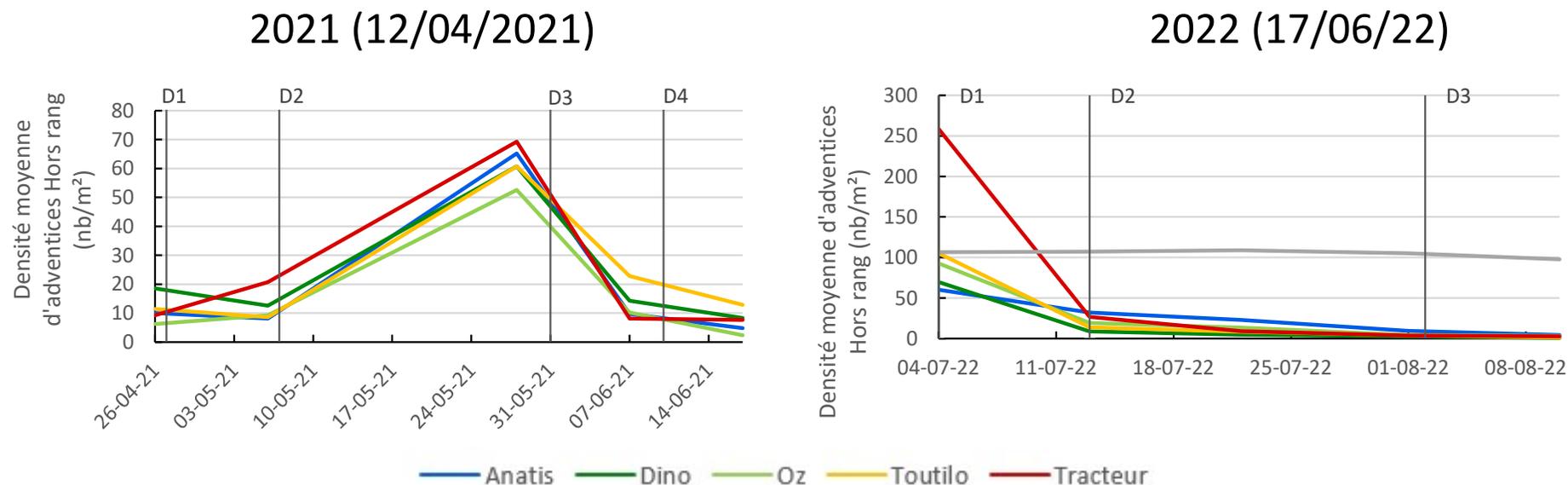
Socs, LL, doigt Kess

12cm



Expérimentations 2021-2022

Qualité de désherbage



Années d'essais différentes et dynamique d'enherbement différents (levée, nombre de désherbage, implantation de la culture)

Expérimentations 2021-2022

Qualité de désherbage

Années d'essais différentes et dynamique d'enherbement différents (levée, nombre de désherbage, implantation de la culture)

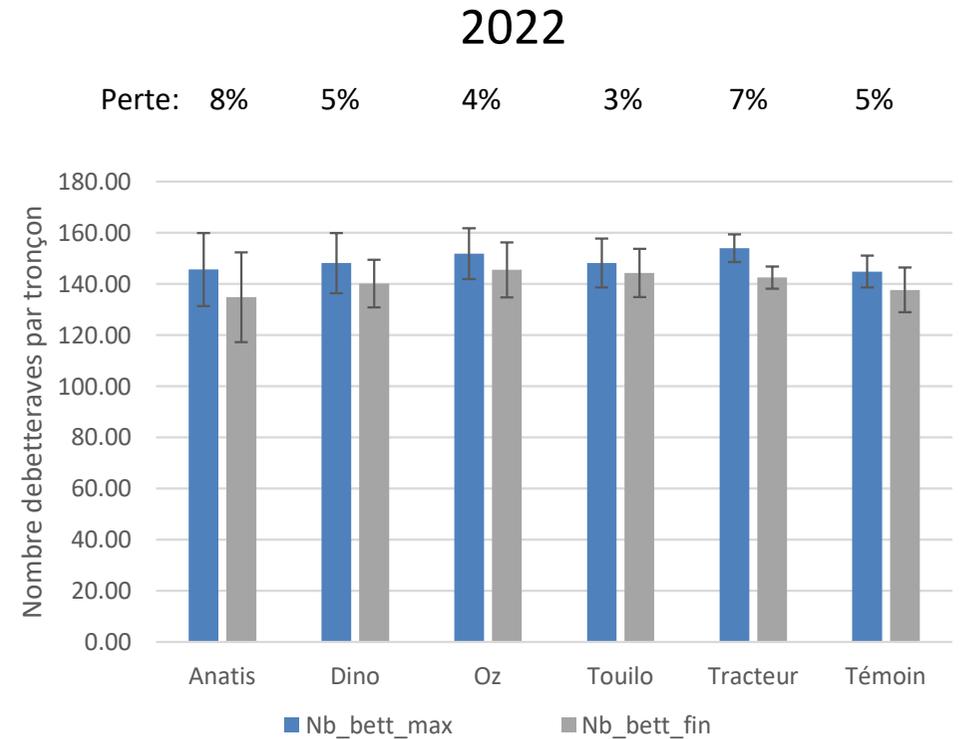
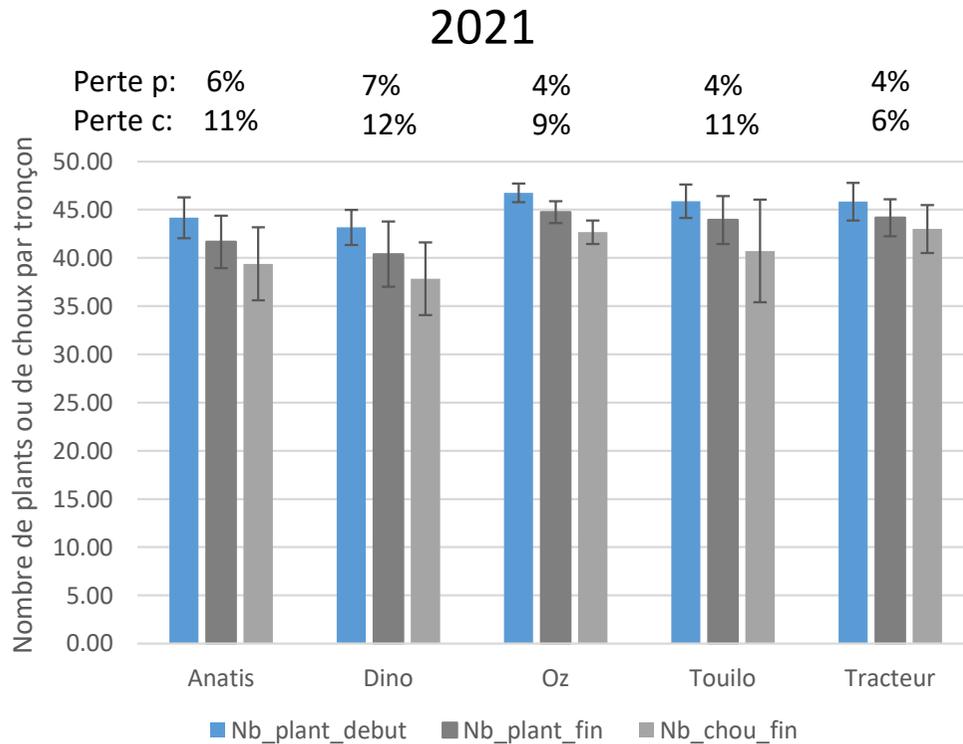
Conclusions similaires pour les robots et le tracteur

Paramètre	Conclusion
Qualité de désherbage hors-rang	Enherbement contrôlé Efficacité totale > 90%
Qualité de désherbage sur le rang	Faible impact Efficacité totale 16-40%

→ **Développer une
gamme d'outils
sur le rang**

Expérimentations 2021-2022

Sélectivité



Paramètre	Conclusion
Sélectivité (dégât à la culture)	Pourcentage moyen de perte 5 à 10%

Réglage prudent des outils et
 → vérification dans une zone de test

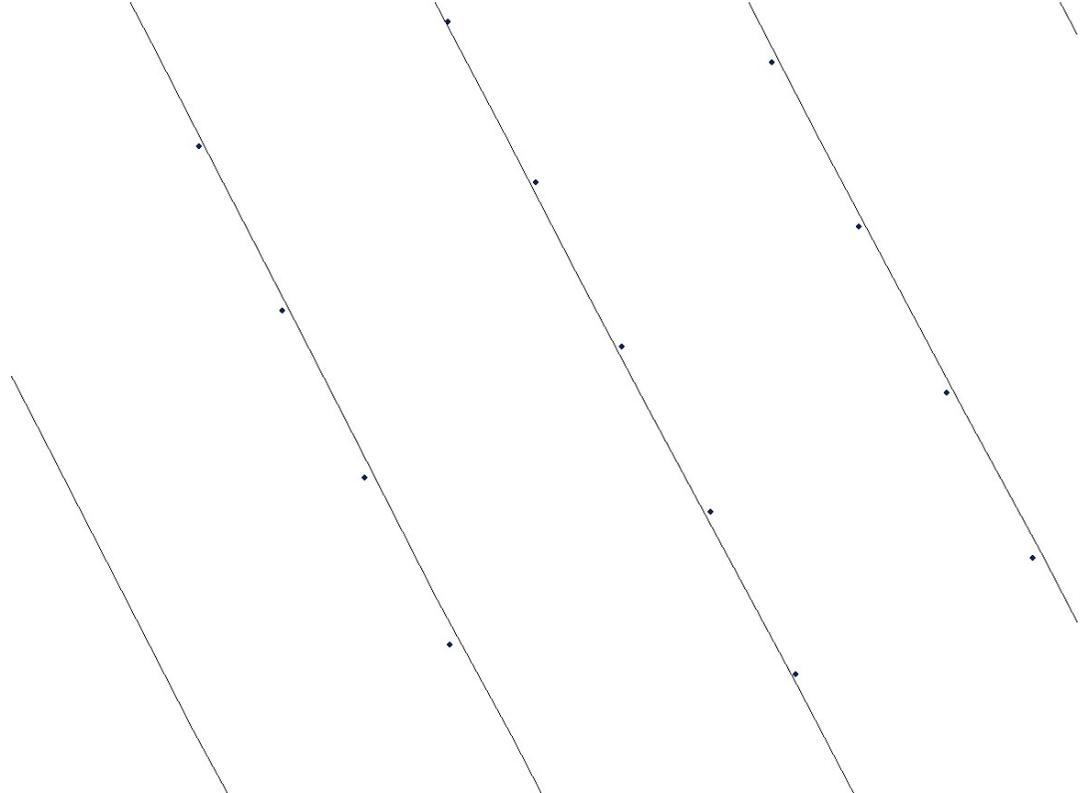
Expérimentations 2021-2022

Qualité de guidage - Méthodologie

Ligne de référence - Culture

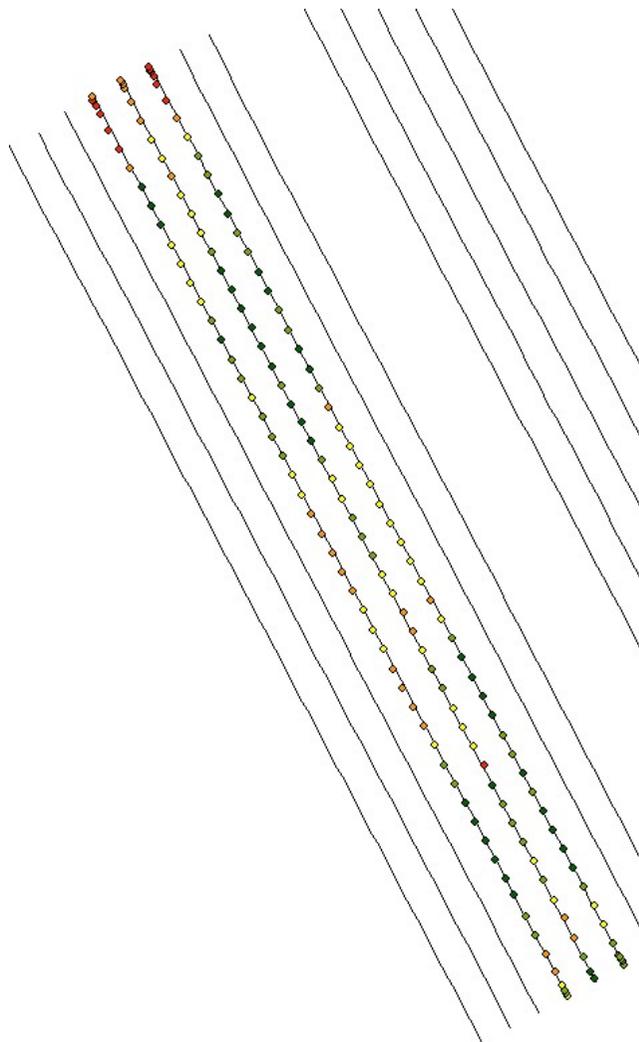


Parcours robot - Désherbage



Expérimentations 2021-2022

Qualité de guidage - Méthodologie



Expérimentations 2021-2022

Qualité de guidage - Méthodologie

Evaluation du guidage:

- Robot: endroit guidé par le robot
- Outils: aplomb des outils



Qualité du guidage

Hors champ - Robot



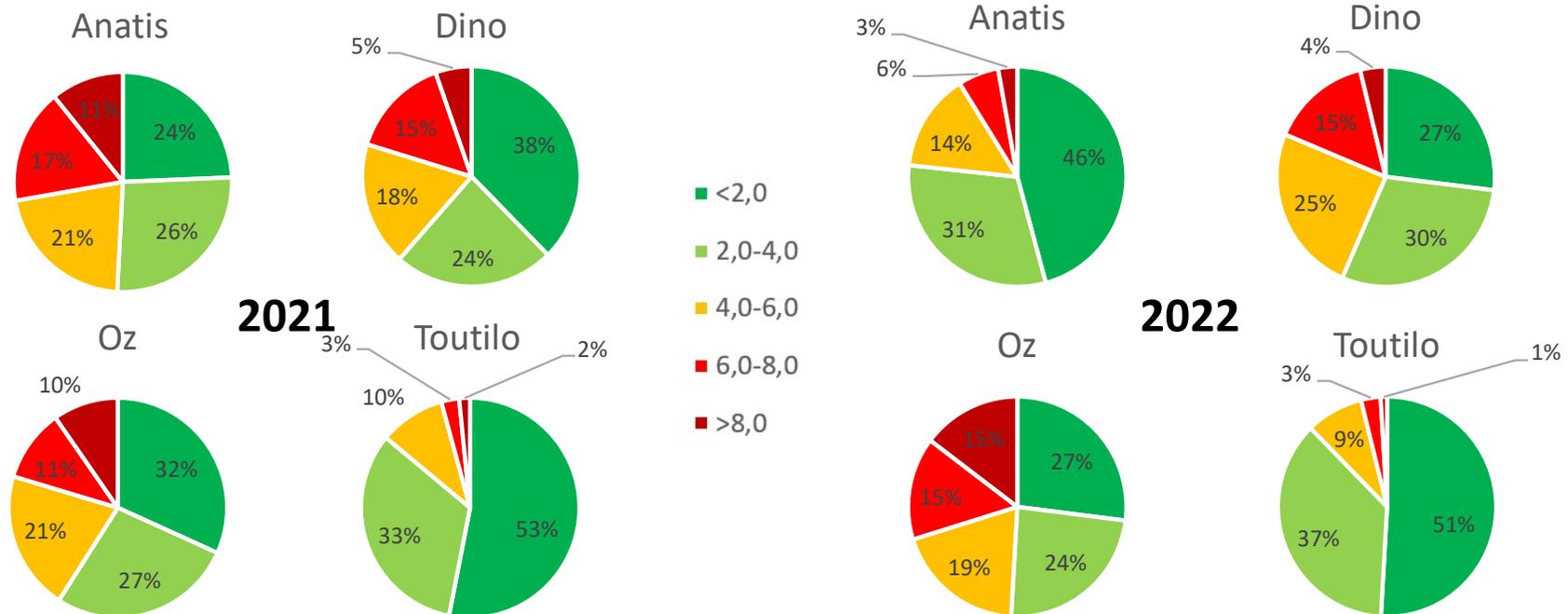
Précision (cm)	Robot	Cobot
Robot-Hors champ - 95% du temps	<5	/

Au champ - Outils



Précision (cm)	Robot	Cobot
Outils Au champ - 95% du temps	<10	<5,6
Outils Au champ - 50% du temps	<4	<2,3

Qualité du guidage



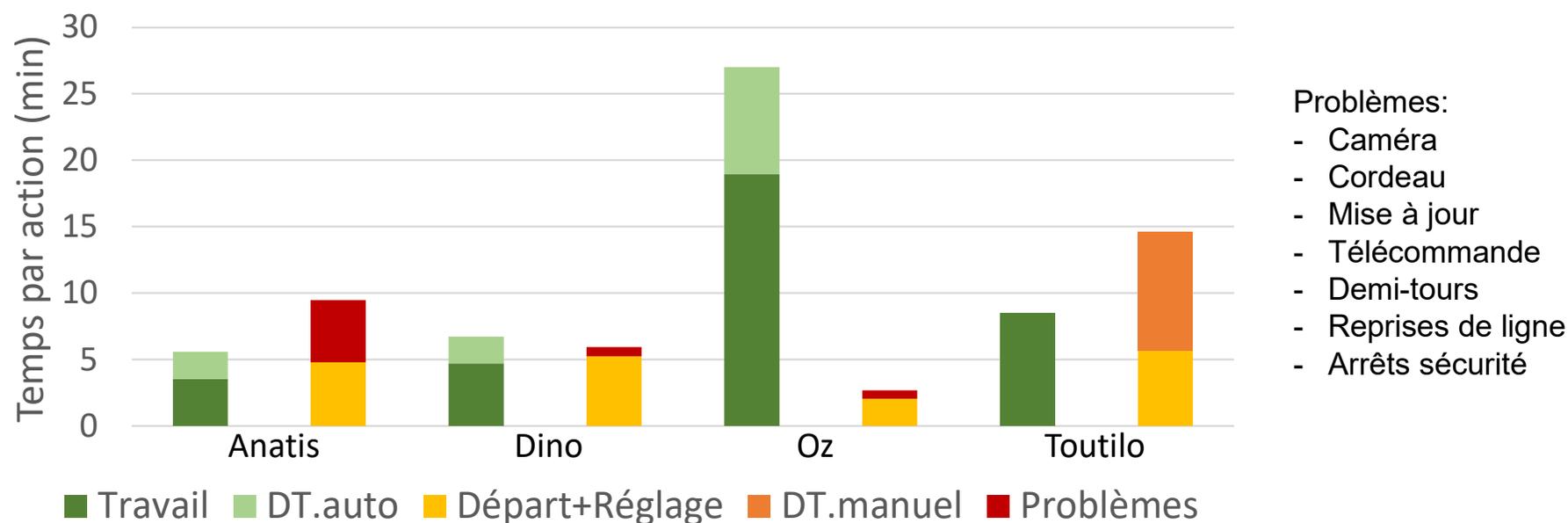
La précision de positionnement des outils par rapport à la culture est :

- bonne dans 50% des cas
- dépendante du facteur humain
- améliorée avec la technologie embarquée (évolution 2021 et 2022)

Possibilité d'affiner le réglage des outils mais une évolution est encore nécessaire

Autonomie

Temps moyen pour le travail de 225m² (50m*4,5m) – Répartition robot/humain (2021-2022)



Avantage de la technologie: augmente la **rapidité** de travail

Désavantage de la technologie : augmente les risques d'avoir des **problèmes** et complexifie la **résolution**

-> **Améliorer la fiabilité de la technologie et le SAV**

Etude de faisabilité économique

Méthodologie

Coût total de désherbage = Coût de propriété + Coût d'utilisation

Coût de propriété	Coût d'utilisation	→ Données de terrain
Valeur d'achat (€)	Consommation d'énergie	
Valeur résiduelle (€)	Temps humain	
Durée de vie (an)	Réparation et maintenance	
Taux d'intérêt (%)		
Taxe, assurance, abonnement RTK (€)		
Utilisation (h/an)		

Conditions idéales (H_0): pas de bug, faible pente, sans dévers, sans caillou, travail autonome autorisé de jour comme de nuit

Etude de faisabilité économique

Méthodologie

Les données de terrain ont été extrapolées à 4 types d'exploitation maraîchère

- MPS: maraîchage sur petites surfaces - 2,5ha - 0,1ha/parcelle
- MMS: maraîchage sur moyennes surfaces - 10ha - 0,5ha/parcelle
- MGS: maraîchage sur grandes surfaces - 25ha - 0,75ha/parcelle
- PCG: production en grande culture - 35ha - 3ha/parcelle

L'utilisation annuelle (h/an) est calculée pour chaque des types d'exploitation.

Les scénarios retenus sont plausibles au regard de la période propice au travail de désherbage:

$$2400h = 20 \text{ semaines} * 5 \text{ jours} * 24h$$

(1000h pour le cobot)

Etude de faisabilité économique

Méthodologie

Modalités évaluées:

- Anatis
- Dino
- Oz + Oz implantation/récolte
- Toutilo + Toutilo implantation/récolte
- Tracteur 60CV sans cabine + bineuse 1,6m
- Tracteur 70 CV + bineuse avec opérateur 1,6m + RTK
- Tracteur 130 CV + bineuse avec caméra 3,2m + RTK

Données d'entrée pour le calcul du coût d'utilisation

- Robots: données de temps et de consommation fixes, par planche et par demi-tour (2021,2022)
- Tracteur: ≈ 3 km/h, consommation estimée par Mécacost, utilisation annuelle 350 ou 500 h/an

Etude de faisabilité économique

Résultats pour les différents scénarios

Ou ça ?

€/ha	MPS 30*33	MMS 100*50	MGS 200*37,5	PGC 300*100	MGS 200*37,5	PGC 300*100
Anatis	1655,13	549,95	220,59	176,26	40,48 144 ha	36,20 175 ha
Dino	1548,67	517,11	208,29	232,53	49,54 111 ha	88,08 100 ha
Oz	430,08	271,19	115,13			
Oz + i/r	261,90	183,77				
Toutilo	653,73	207,06				
Toutilo + i/r	545,31	171,04				
Tracteur 60cv	125,98	100,37	98,23	103,57	98,23	103,57
Tracteur 70cv	241,40	190,11	185,83	196,52	185,83	196,52
Tracteur 130cv	121,25	82,61	79,39	74,56	79,39	74,56

Facteurs sensibles: utilisation annuelle, parcelle, prix carburant et main d'œuvre

Etude de faisabilité économique

Résultats pour les différents scénarios

€/ha	MPS	MMS	MGS	PGC
Anatis		Rouge	Rouge	Rouge
Dino		Rouge	Rouge	Rouge
Oz	Rouge	Rouge	Vert	
Oz + i/r	Rouge	Vert	Vert	
Toutilo	Rouge	Rouge		
Toutilo + i/r	Rouge	Vert		

Rouge: Coût robot > tracteur ; Vert: Coût robot < tracteur

Robot: coût de propriété >>> coût d'utilisation → utilisation annuelle, valeur d'achat

Cobot: coût de propriété </= coût d'utilisation → main d'œuvre

→ Multiplier les tâches, mutualiser

→ Paiement à l'usage, diminuer le prix d'achat

Conclusions brèves

Aspects évalués	
Qualité du désherbage	Inter-rang: ✓ Rang: améliorer le guidage, oser Développer une gamme d'outils
Sélectivité	✓
Qualité du guidage du robot - idéal	✓
Qualité du guidage du robot - champ	Améliorer
Autonomie	X Diminuer la main d'œuvre - bug chronophage - Efficacité du désherbage sur le rang -> nouveaux outils
Etude de faisabilité économique	X Diminuer le prix d'achat Multiplier les tâches Mutualisation

Perspectives d'évolution

Nécessité de réduire le coût

Diminuer le prix de vente et augmenter l'utilisation annuelle, multitâche
Etudier les options de mutualisation (CUMA), paiement à l'usage, prestation de service via des entreprises agricoles

Frein législatif

Adaptation des directives et des normes ISO à l'utilisation de matériel autonome avec surveillance à distance

Adaptation à la complexité des exploitations

Les robots, actuellement développés pour des schémas simples de monoculture sur grande surface, pourront-ils être adaptés à la complexité à venir des exploitations (mélange de culture, mélange de variété, nouvelles cultures, diversification des exploitations...)?

Merci de votre attention