

Essai de pulvérisation d'herbicides suivant une carte de prescription générée à l'aide d'imagerie par drone

**Stéphanie Mathieu, agronome MAPAQ
Journée Grandes Cultures Agri-Vision 2024**

en collaboration avec

Simon D. Guertin, co-proprétaire, Ferme EDPA

Victor Morin, président et Laurence Durocher, M. Sc., responsable R&D, Xlkey

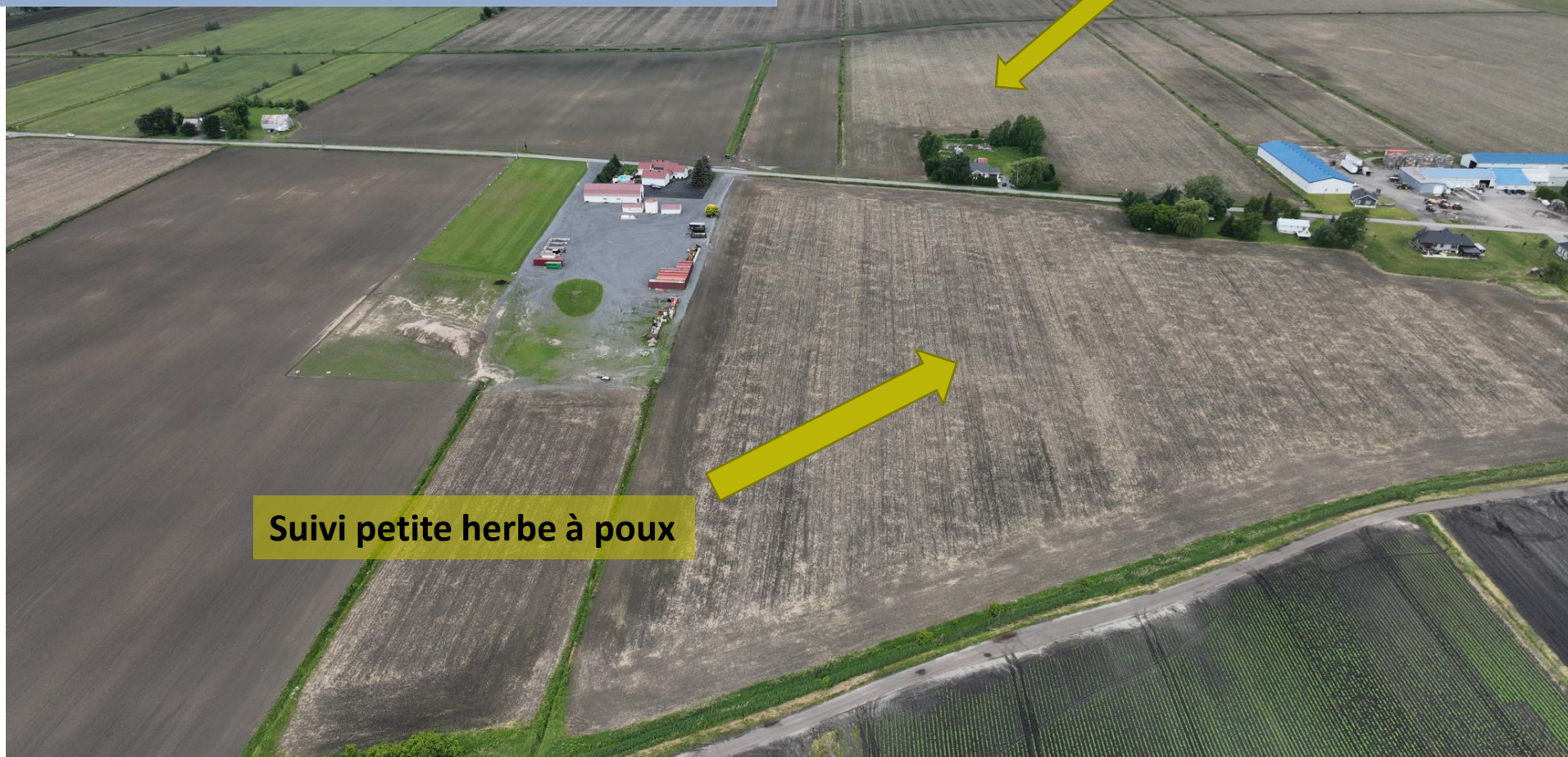
Sandra Flores Mejia, Ph. D., chercheuse en malherbologie, CÉROM

Motivations de la Ferme EDPA inc.

- Optimiser les produits phytosanitaires : en utiliser le moins possible tout en préservant les rendements et la qualité des grains.
- Le service de cartes de prescription faites avec l'imagerie par drone permet de cibler les problématiques et d'intervenir de façon localisée.
- L'objectif du projet : comparer un traitement herbicide fait avec une carte de prescription à un traitement herbicide pleine largeur au niveau du contrôle des mauvaises herbes et de la rentabilité.



- Champ 44 : soya Ezra, **semé à la volée** le 21 mai 2024
- Pulvérisation : pré levée le 23 mai 2024
Authority Supreme-Sencor, 200 litres/ha



Suivi maïs spontané

Suivi petite herbe à poux

- Champ 45 : soya Havane, **semé à la volée** le 23 mai 2024
- Pulvérisation : pré levée le 26 mai 2024
Authority Supreme-Sencor, 200 litres/ha



Équipements de pulvérisation

- Pulvérisateur Hardi commander 5500, réservoir 6 000 L
- Équipement d'ouverture et de fermeture de section de rampe de marque Hardi : 10 sections de 10 pieds de large (100 pi)
- Buses à inclusion d'air Hardi ISO Minidrift rouge
- Système Ag Leader, logiciel SMS et AgFiniti pour le transfert de données

Dispositif champ 45 : suivi petite herbe à poux

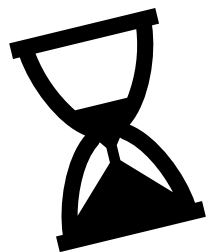
11 juin 2024

Installation de 5 quadrats permanents et géolocalisés (1 m²) par bande pour la lecture du % de recouvrement de la **petite herbe à poux**

(30 lectures au total)



11 juin 2024





Collecte de données par drone en date du 15 juin

Drone DJI Matrice 350 RTK

- vol à 120 mètres d'altitude
 - photo RGB, résolution 1,5 cm/pixel



Drone multispectrale DJI Mavic 3M

- vols à 43 mètres d'altitude
 - photo RGB, résolution 1,7 cm/pixel
 - photo multispectrale (indice de végétation-NDVI), résolution de 2,7 cm/pixel



- Production des orthomosaïques, DSM (digital surface model) et indice NDVI
- Classification par couleur et par hauteur



Constats au 15 juin

- Résolution de 1,5 cm/px ne permet pas de bien reconnaître la végétation
- Temps de collecte de données et de traitement des images prises à basse altitude est trop élevé malgré la performance de l'ordinateur

Champ 44 (maïs spontané)

11 juin 2024

Installation de 5 quadrats permanents et géolocalisés (1 m²) par bande pour la lecture du % de recouvrement du maïs spontané.
(30 lectures au total)

Date des lectures : 11 juin, 24 juill., 2 août et 24 sept.



Champ 44

11 juin



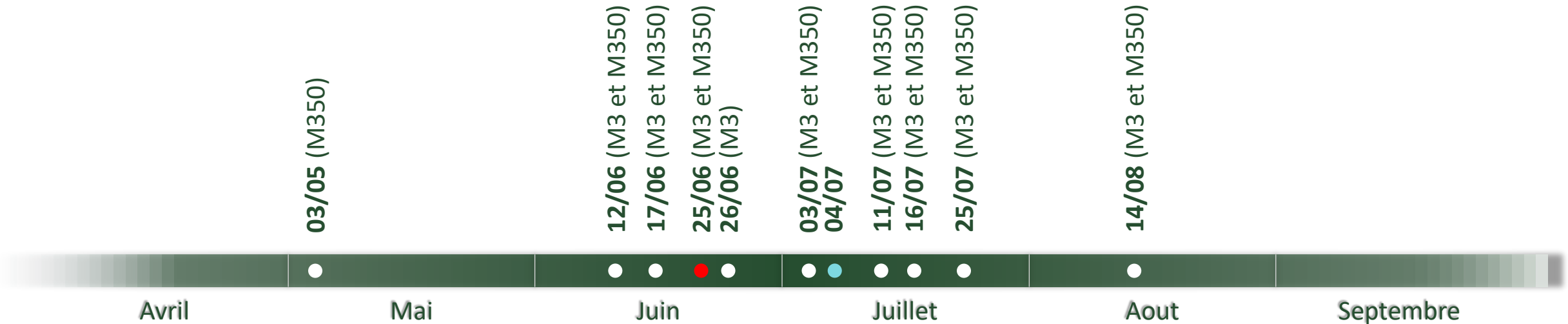
Le défi...



Collecte de données

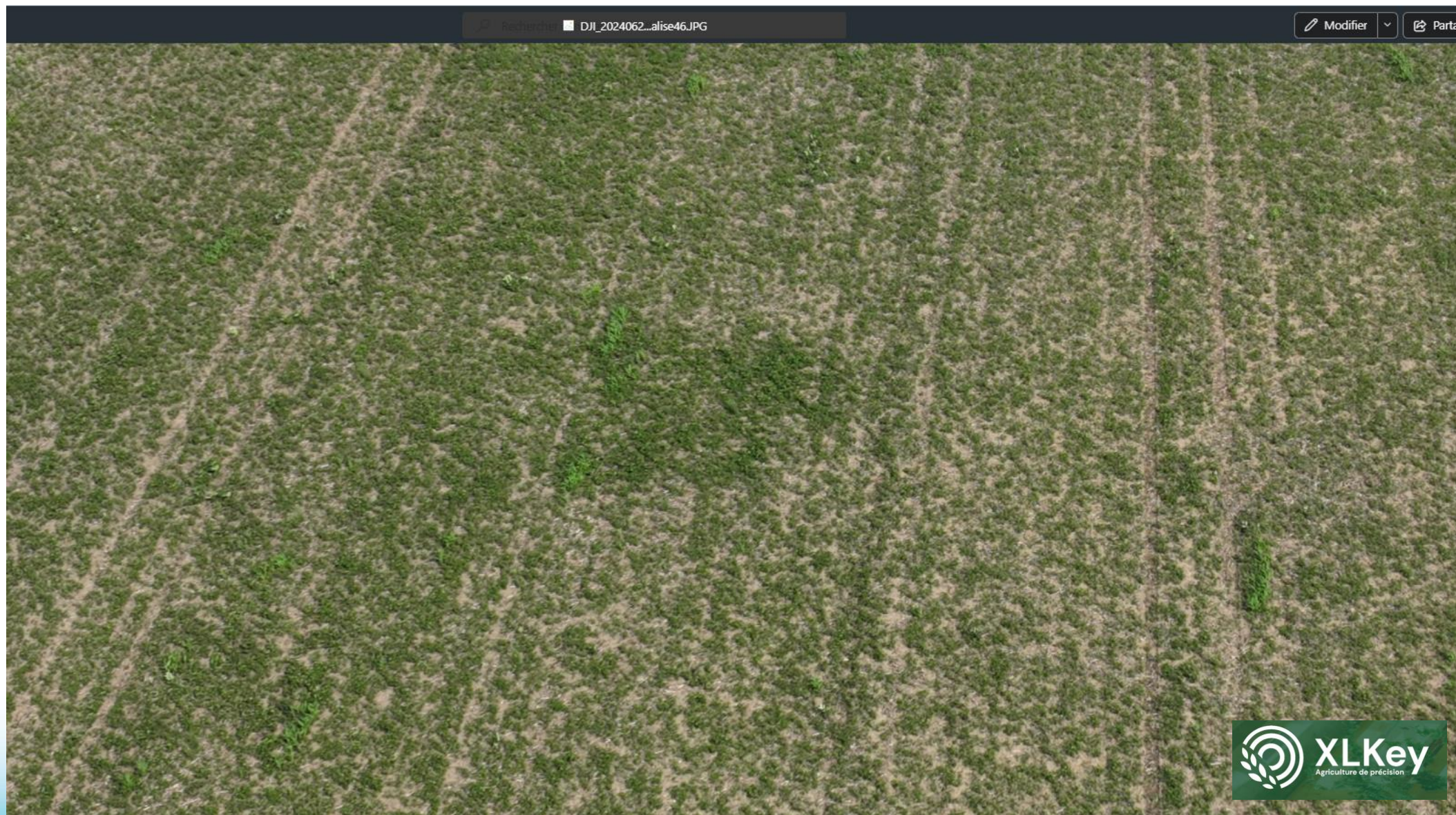


4 vols avant et 6 vols après la prescription



- Données utilisées pour la préparation de la carte
- Date du traitement

25 juin 2024 : image haute résolution prise avec le drone DJI Matrice M350 RTK à 40 m d'altitude, 0,5 cm/pixel



Cette résolution permet de bien repérer les plants de maïs



Création de la carte de prescription pour traiter localement le maïs spontané

- À partir de la photogramétrie prise le 25 juin 2024 avec le drone DJI Matrice 350 RTK à une hauteur de vol de 40 m, une orthomosaique a pu être constituée.
- Mise à l'essai de 2 méthodes de classification :

1- Classification non supervisée

Méthodes pour regrouper les pixels des images de drones en différentes classes permettant d'identifier les différences de végétation dans le champ (couleur, texture).

2- Classification supervisée

- Étiquetage des types de végétation (maïs spontané, soya, sol nu) avec un logiciel d'annotation d'images.
- Intégration des données dans un processus de classification supervisée et d'apprentissage automatique (machine learning).
- Entraînement de l'algorithme de machine learning pour reconnaître et distinguer ces classes dans d'autres images.

L'objectif est d'automatiser la détection et la cartographie de ces éléments dans les champs en identifiant précisément les zones avec du maïs spontané.



Annotation pour la création de la carte de prescription



 : maïs spontané



 : soya



 : sol à nu avec résidus

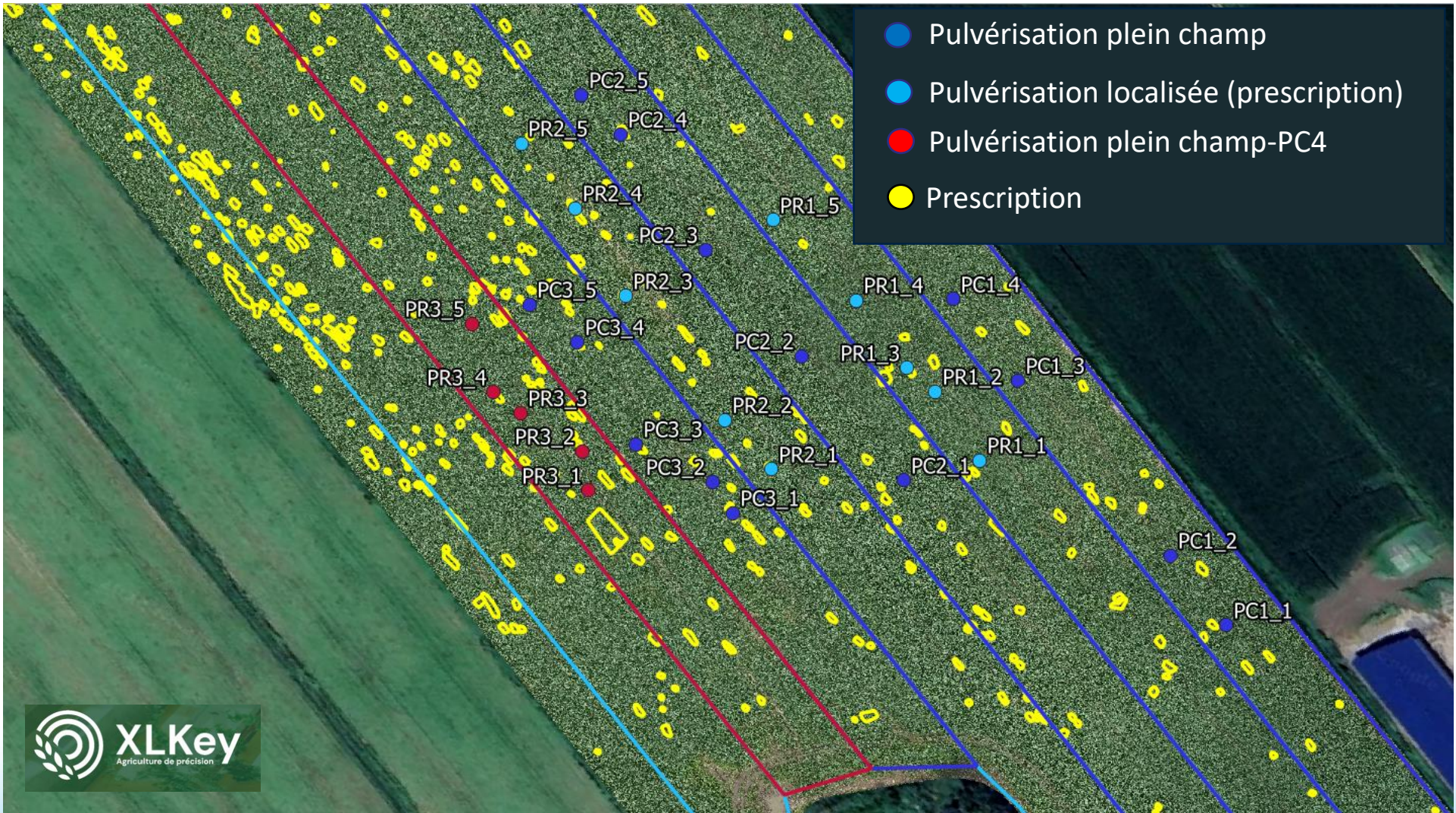


Exemple d'une carte de prescription

Maïs, **soya**, **sol nu avec résidus**

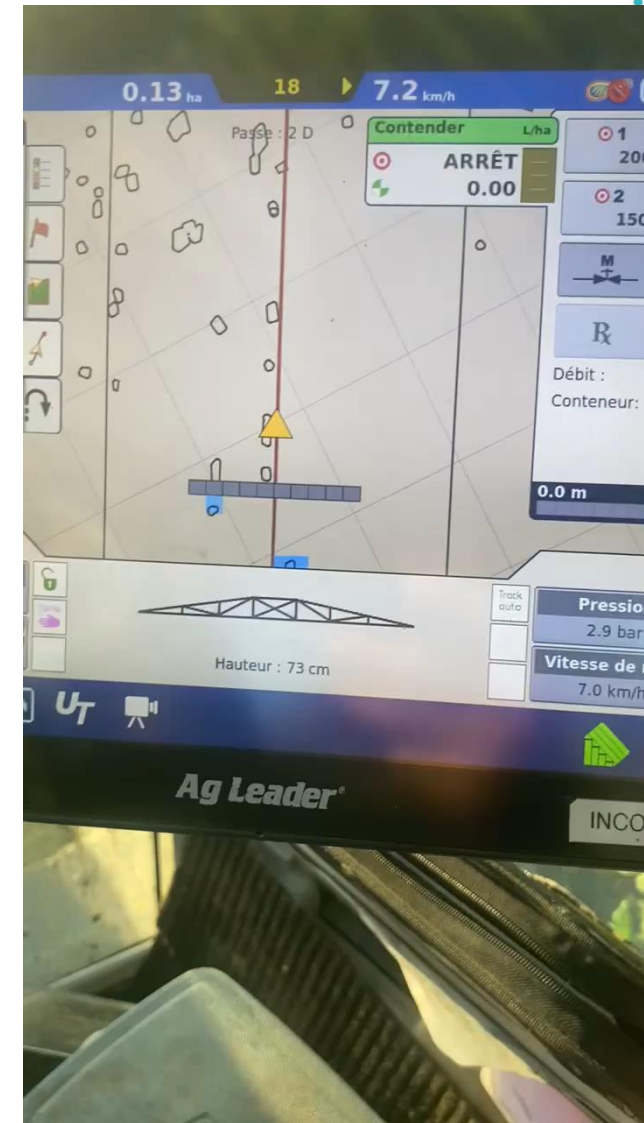


Carte de prescription utilisée pour la pulvérisation localisée



La pulvérisation

- Intégration de la carte de prescription dans AgFiniti
- Programmation des paramètres d'ouverture et de fermeture de rampe :
3 sec. avant et 0,3 sec. après
- Pulvérisation : 4 juillet 2024
- Herbicide : Contender à 75 ml/ha
- Volume de bouillie : 150 litres/ha



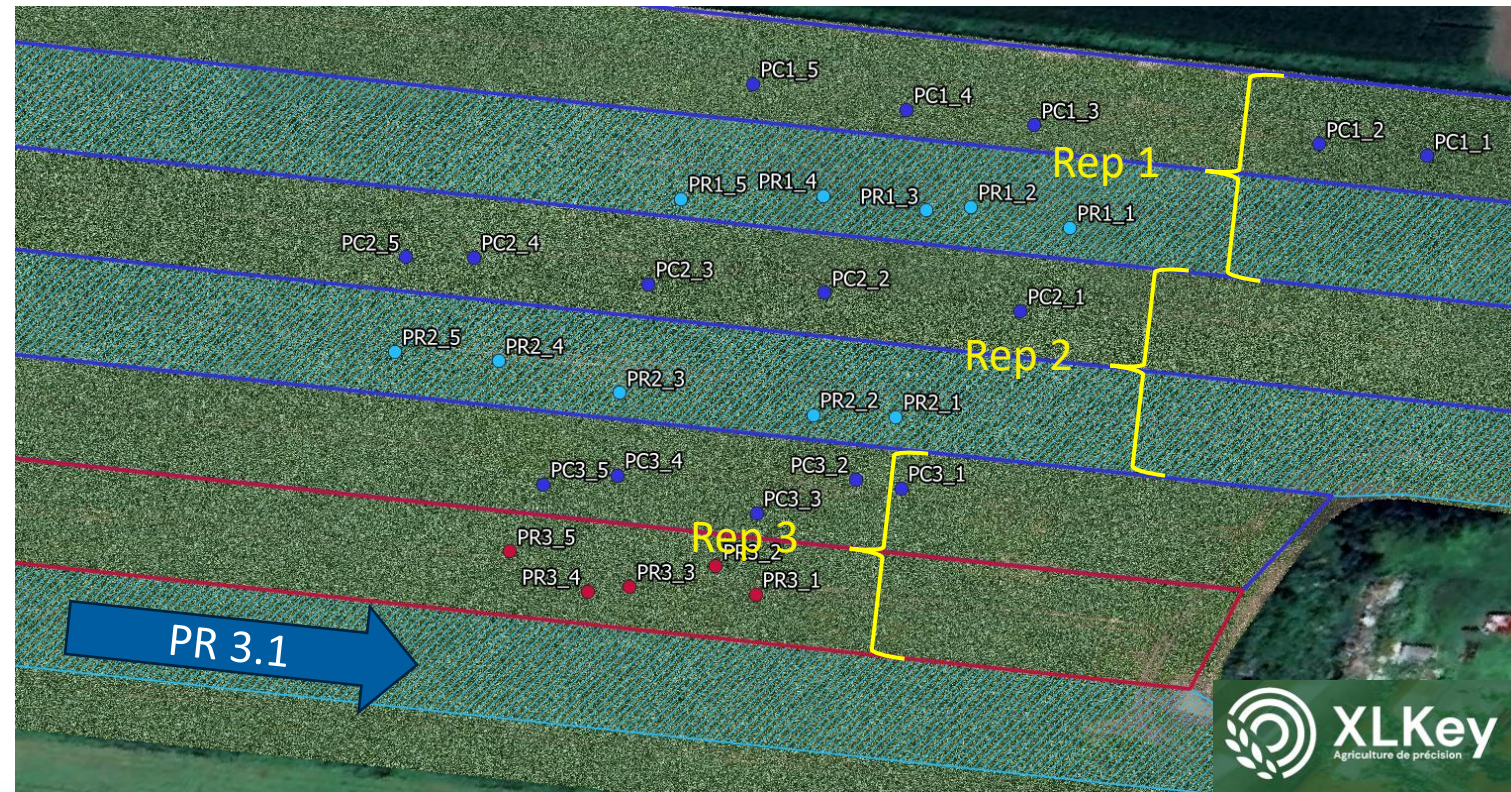
Champ 44 (maïs spontané)

2 traitements répétés 3 fois :

1- Pulvérisation plein champ

2- Pulvérisation sous prescription

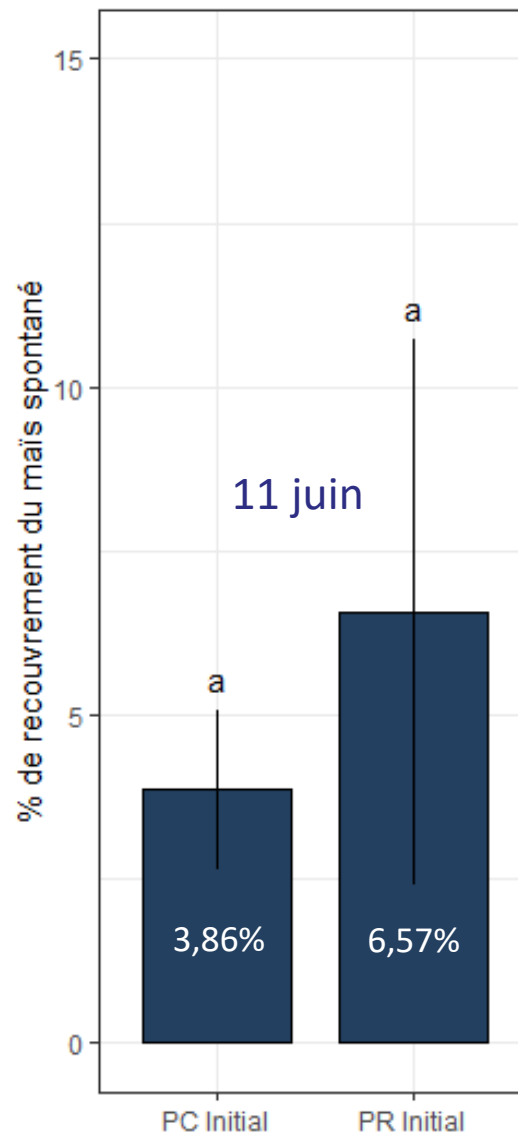
- Pulvérisation plein champ
- Pulvérisation localisée (prescription)
- Pulvérisation plein champ-PC4





Résultats

Évolution du % de recouvrement du maïs spontané dans le temps



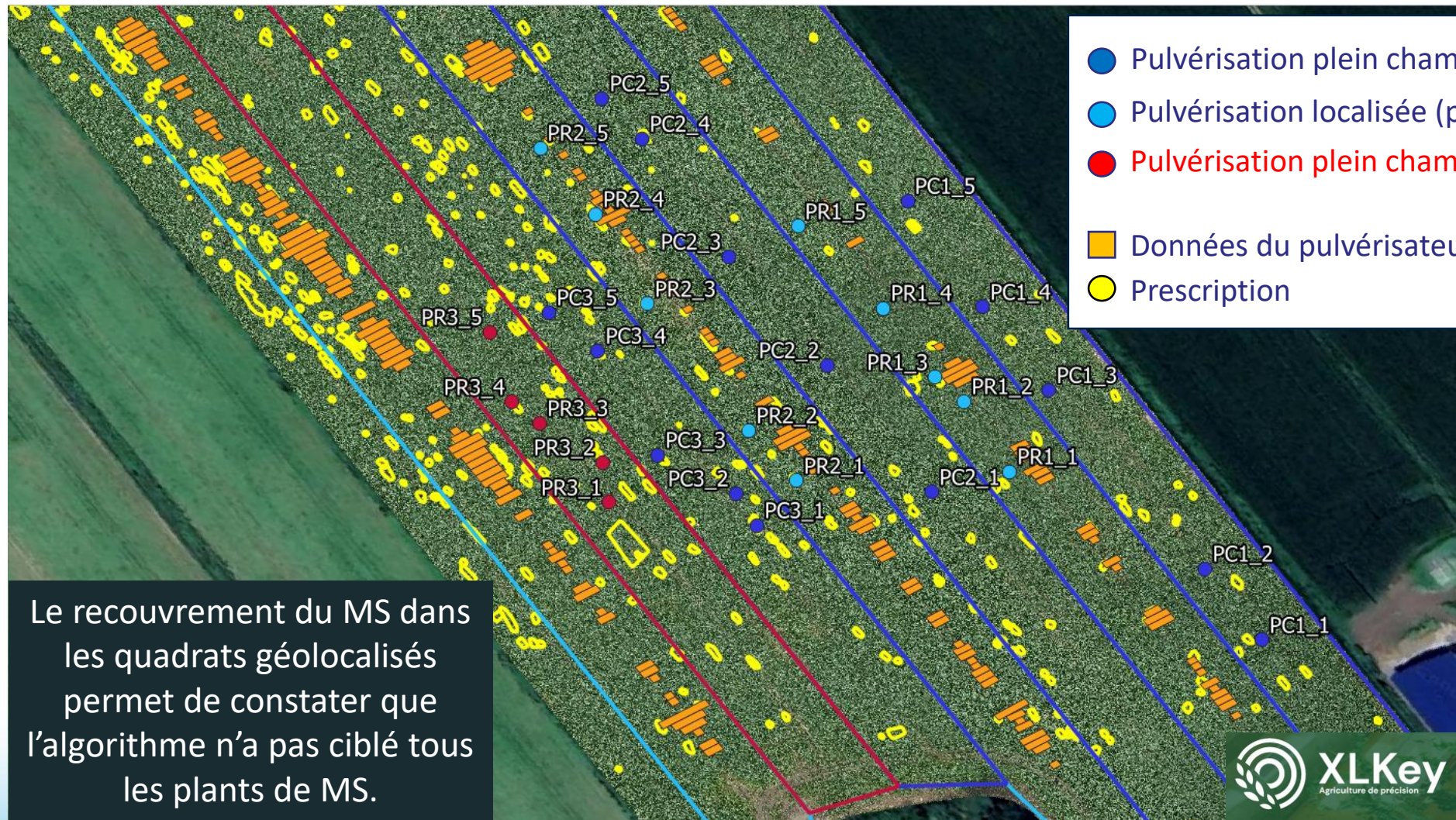
Analyse statistique faite
par Sandra Flores Mejia,
Ph. D.,
malherbologiste, CÉROM

Qu'est-ce qui explique la différence de résultat entre la prescription et le traitement plein champ?

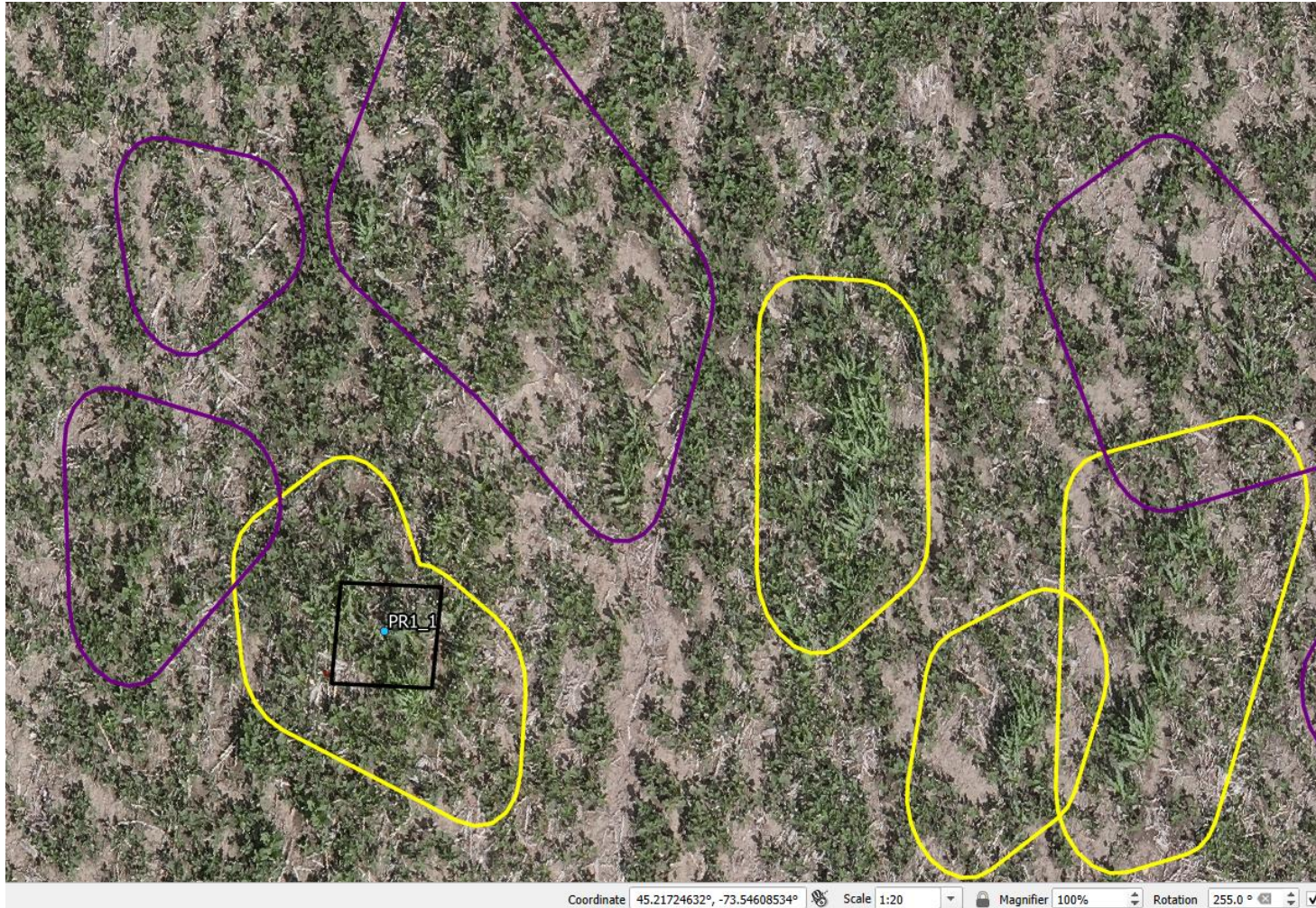


1. Est-ce que la carte de prescription a permis de bien repérer les plants de maïs spontané (MS)?
2. Est-ce que la pulvérisation a réussi à bien cibler les plants de MS ?

Superposition de la carte de prescription, des données du pulvérisateur et interprétation des données



Annotation supplémentaire du maïs spontané

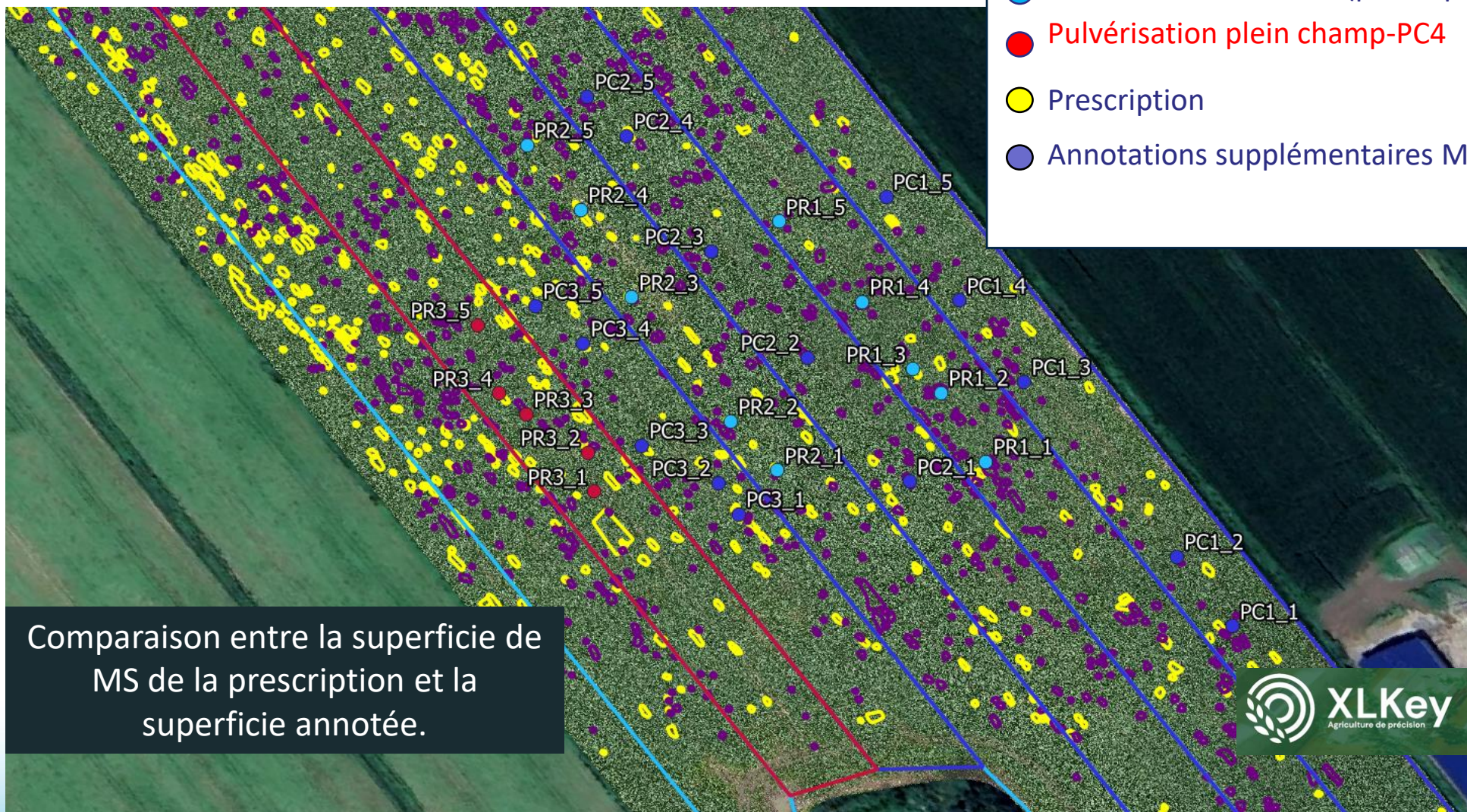


- Prescription
- Annotations supplémentaires MS



Annotation supplémentaire du maïs spontané

- Pulvérisation plein champ
- Pulvérisation localisée (prescription)
- Pulvérisation plein champ-PC4
- Prescription
- Annotations supplémentaires MS



Comparaison entre la superficie de MS de la prescription et la superficie annotée

Traitement	Superficie (ha)	% superficie traitée	superficie traitée (ha)	Superficie de MS de la prescription (ha)	Superficie de MS totale de la prescription annotée (ha)
PR-1	1,66	5	0,08	0,03	0,125
PR-2	1,33	7,8	0,10	0,03	0,101
PR-3.1	0,72	13,8	0,10	0,06	0,121
PC-1	1,73	100	1,73	0,03	0,05
PC-2	1,68	100	1,68	0,02	0,09
PC-3	2,43	100	2,43	0,09	0,20

Postérieurs

Efficacité moyenne de l'algorithme de **42 %**

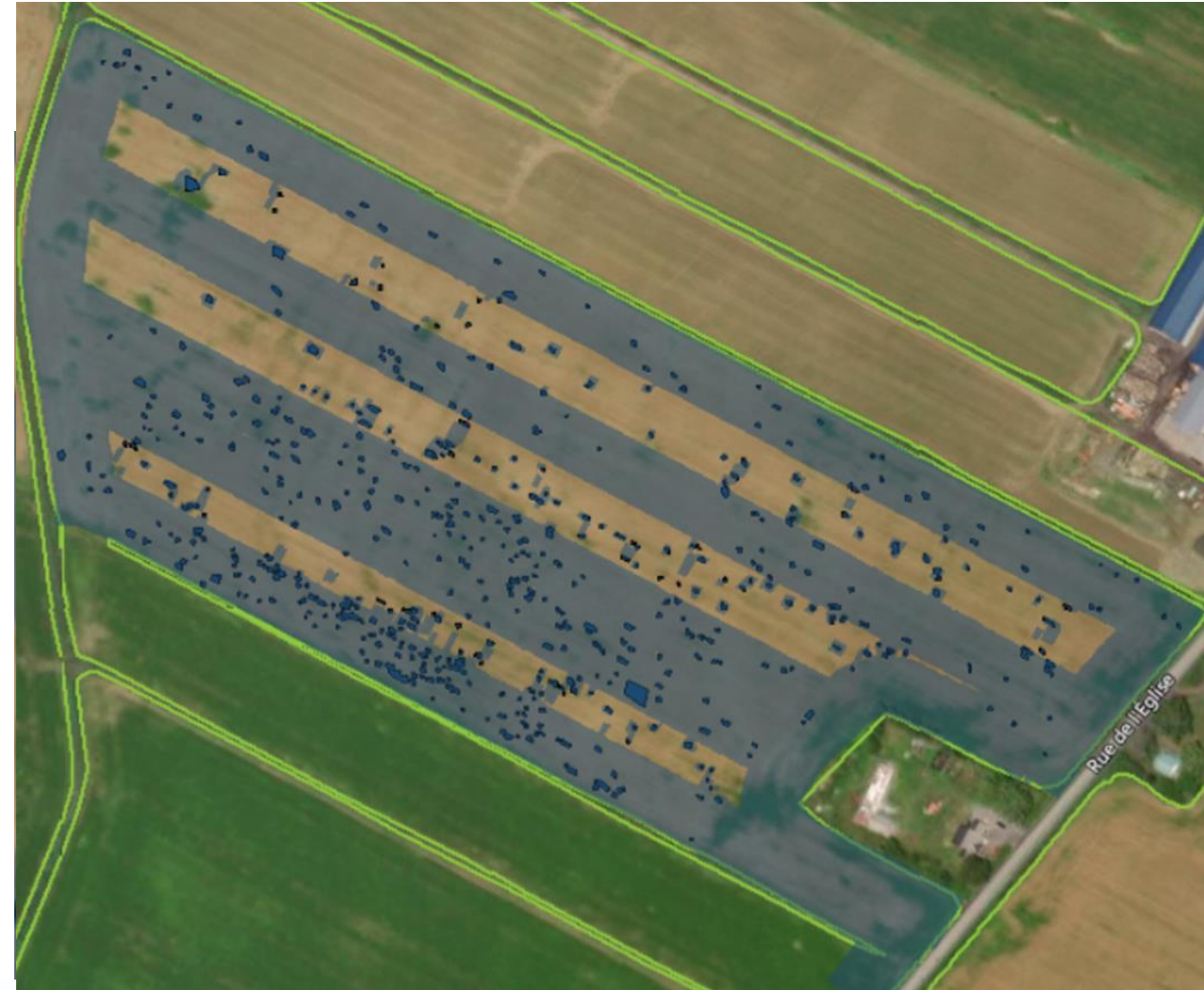
Qu'est-ce qui explique la différence de résultat entre la prescription et le traitement plein champ?



1. Est-ce que la carte de prescription a permis de bien repérer les plants de maïs spontané (MS)?
2. Est-ce que la pulvérisation a réussi à bien cibler les plants de MS?

Validation de l'efficacité de la pulvérisation

- La carte de pulvérisation démontre que la pulvérisation a été relativement précise.
- Amélioration nécessaire pour augmenter la zone de traitement autour des plants de MS.
- Utilisation future de papiers hydrosensibles?



Comparaison superficie traitées vs superficie de la prescription

Traitement	Superficie (ha)	% superficie traitée	Superficie traitée (ha)	Superficie de MS de la prescription (ha)
PR-1	1,66	5	0,08	0,03
PR-2	1,33	7,8	0,10	0,03
PR-3.1	0,72	13,8	0,10	0,06

moyenne : 8,9%



Les délais de 3 sec. et 0,3 sec. pour déclencher l'ouverture et pour fermer la rampe augmente la superficie pulvérisée en moyenne de **2,25 fois** par rapport à la superficie à traiter sur la carte de prescription.

Image oblique du champ (14 août)

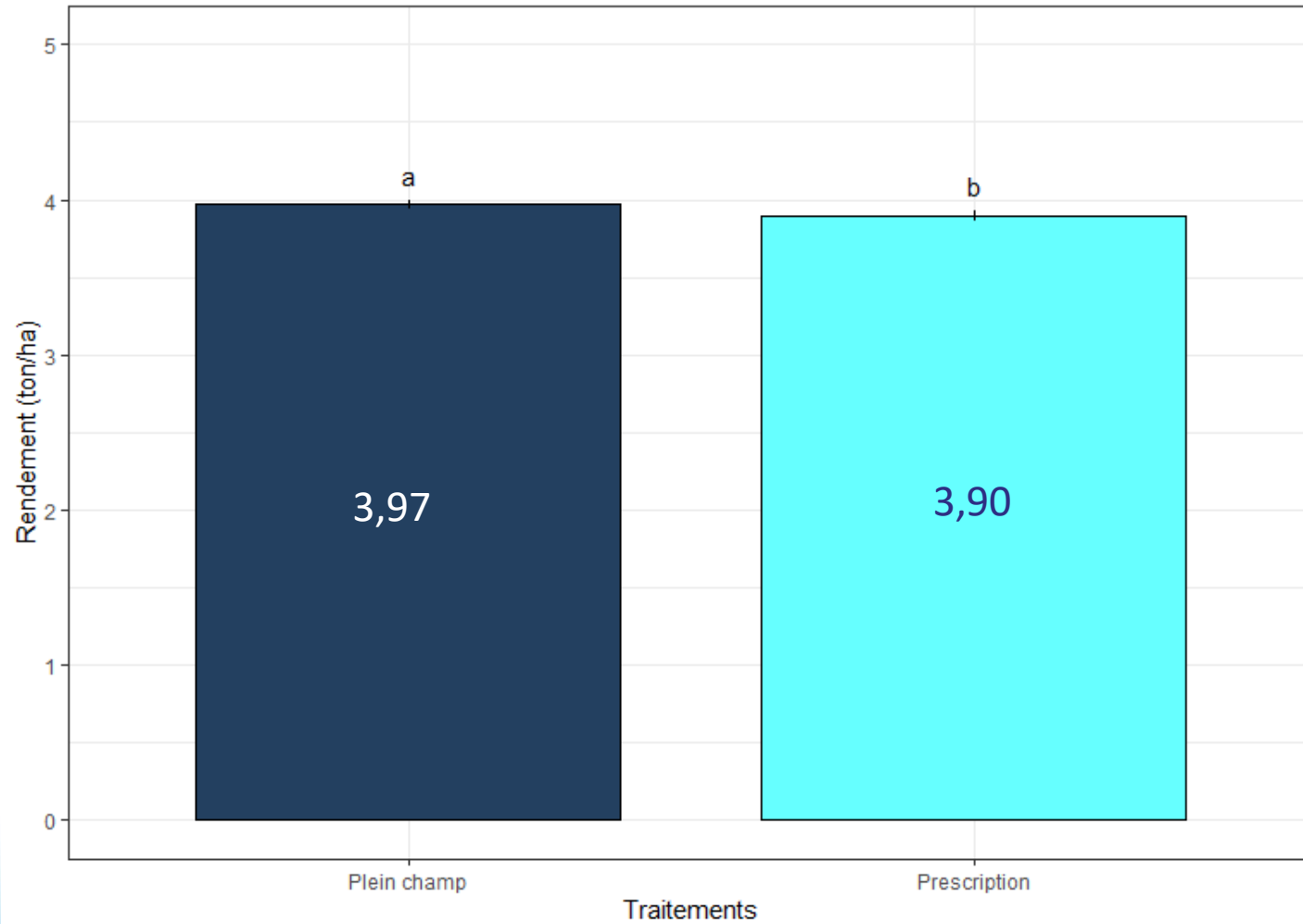


Économie d'herbicides

Traitement	Superficie totale (ha)	% superficie traitée	superficie traitée (ha)	Litres produit utilisé	% herbicide économisé	Économie (\$/ha)
PC-1	1,73	100	1,73	1,30	0	0,00
PC-2	1,68	100	1,68	1,26	0	0,00
PC-3	2,43	100	2,43	1,82	0	0,00
PR-1	1,66	5	0,08	0,06	95	28,76
PR-2	1,33	7,8	0,10	0,08	92	27,92
PR-3.1	0,72	13,8	0,10	0,07	86	26,10

- En moyenne, diminution d'herbicides de **91 %**.
- Économie moyenne de **27,59 \$/ha**
- Coût service visé par XLkey : 29,67 \$/ha (12 \$/acre)
- Dans le cas où l'algorithme et la pulvérisation sont précis et que la superficie pulvérisée est augmentée de 2,25 fois, **une économie potentielle d'herbicide de 80 % aurait pu être réalisée dans ce champ.**

Données de rendement (t/ha) et de qualité du grain



En conclusion

- Les principaux défis rencontrés au cours de ce projet ont été la résolution des images (1.5 cm/px) qui n'a pas permis de bien reconnaître la petite herbe à poux.
- Semis à la volée : difficulté supplémentaire.
- Temps de collecte de données et de traitement des images prises à basse altitude trop élevé malgré la performance de l'ordinateur.
- Ajustement des paramètres de pulvérisation via la carte de prescription (à valider).
- Une nouvelle approche d'apprentissage profond basé sur un système de neurones (deep learning) sera mise à l'essai dans le but d'obtenir une meilleure résolution et une carte de prescription plus précise et fiable.
- Plusieurs avenues intéressantes de cette technologie sur la ferme : destruction des mauvaises herbes dans les zones de blé d'automne détruites par l'hiver, cultures de couverture qui ont survécu à l'hiver (ex.: kale), etc.
- Le coût environnemental n'est pas pris en compte, mais ça a une valeur et plus le prix de l'herbicide est élevé, plus l'économie est grande
- Les diminutions substantielles d'herbicides sont envisageables.



Remerciements

- Simon D. Guertin et Raymond Durivage de la Ferme EDPA inc.
- Sandra Flores Mejia, Ph. D., malherbologiste au CÉROM pour le protocole, l'analyse statistique et la grande disponibilité.
- Victor Morin et Laurence Durocher de chez XLKey pour leur partage d'expertise et leur contribution.

Merci à tous pour votre grand sens de la collaboration !

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région