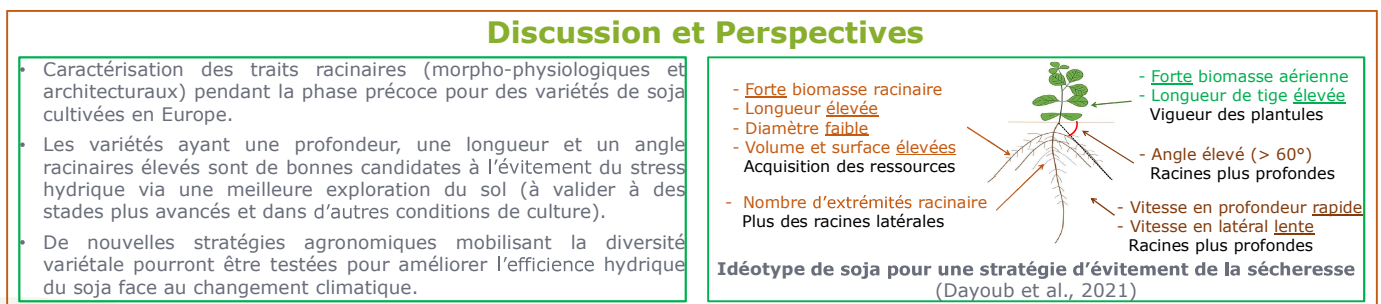
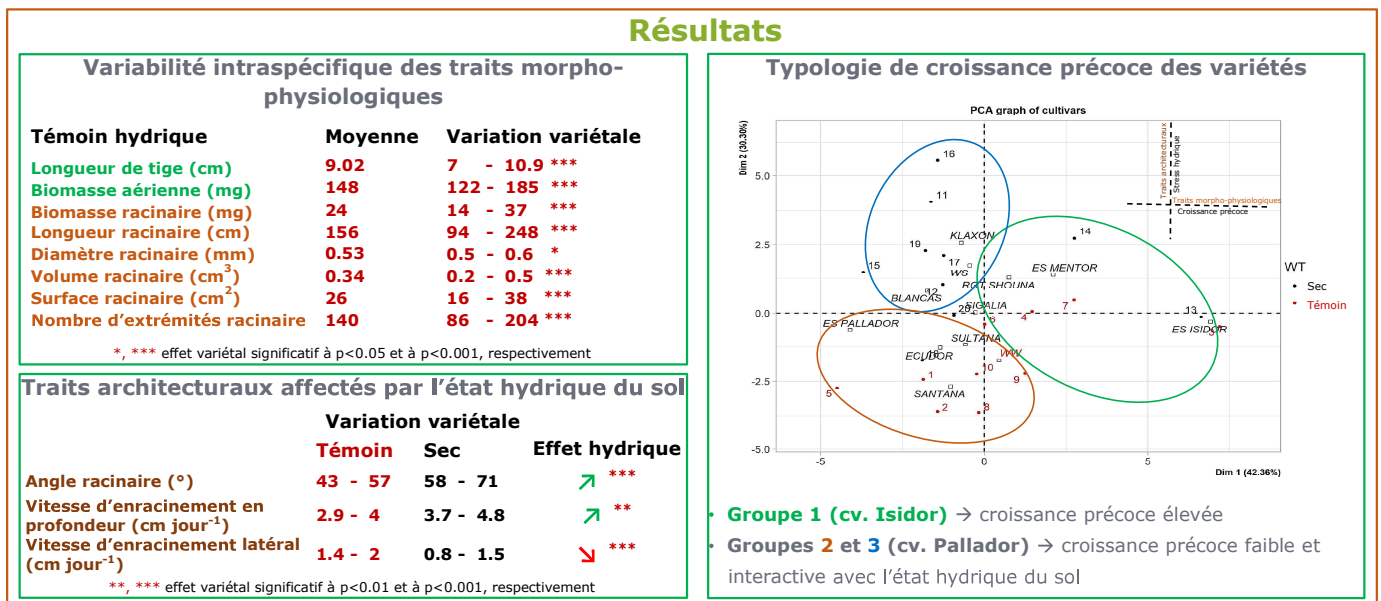
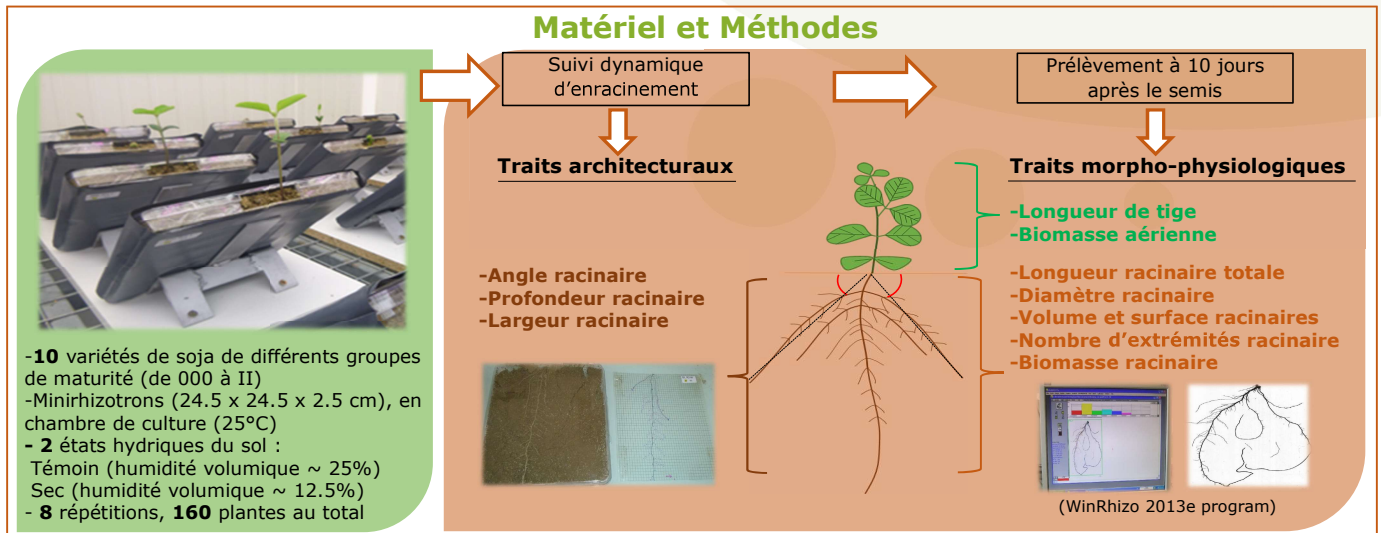


Le phénotypage précoce de traits racinaires du soja au service de la caractérisation de la diversité variétale et de la conception de systèmes de culture agroécologiques

VIDÉO DISPONIBLE [Dayoub E.¹, Lamichhane J.R.², Champolivier L.³, Quinquary B.¹, Debaeke P.², Maury P.¹](#)
 CLIQUEZ ICI

Le soja (*Glycine max* (L.) Merr.) possède de nombreux atouts pour contribuer à la transition agroécologique des systèmes de culture en Europe, cependant sa production est fortement impactée par la sécheresse estivale. Les caractéristiques du système racinaire, y compris en phase précoce, apparaissent essentielles pour augmenter et stabiliser le rendement sous climat actuel et futur (Battisti et al., 2017). Cette étude vise à phénotyper les traits racinaires pour une gamme de variétés de référence au sein d'un continuum phénotypage-modélisation-conception de nouveaux idéotypes (Schoving et al., 2020).



Mesure de la hauteur de légumineuses fourragères pérennes par photogrammétrie à partir d'images acquises avec un drone

Stéphanie Mahieu[✉], Fabien Surault, Eric Roy, Didier Combes, Marc Ghesquière, Gaëtan Louarn, Ela Frak, Bernadette Julier

INRAE, UR04 Pluridisciplinaires Prairies et Plantes Fourragères (URP3F), Le Chêne - RD 150, CS 80006, 86600 Lusignan

VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

[✉] stephanie.mahieu@inrae.fr

• Introduction

- La photogrammétrie numérique permet de reconstruire les essais variétaux en 3D à partir d'images acquises avec un drone. Cette technologie offre de nouvelles perspectives pour faciliter et améliorer le phénotypage des variétés et mieux caractériser la variabilité génétique (Surault et al., 2018).
- L'objectif de cette étude est de tester la précision et la fiabilité de cet outil pour prédire la hauteur du couvert de trois espèces de légumineuses fourragères pérennes. Pour ceci nous avons 1) comparé la fiabilité des prédictions de hauteurs par photogrammétrie numérique par rapport aux mesures manuelles et 2) vérifié la corrélation entre les hauteurs prédites et la biomasse.

• Matériels et méthodes

Trois légumineuses fréquemment utilisées en prairie temporaire :



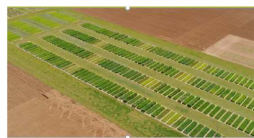
Luzerne
(*Medicago sativa*)

Trèfle blanc
(*Trifolium repens*)

Trèfle violet
(*Trifolium pratense*)

2 essais en microparcelles

- Essai 1: Luzerne, Trèfle blanc, Trèfle violet**
=> 4 blocs, 44 microparcelles (5 m²) en culture pure
=> 3 dates de mesures des hauteurs en juin 2018

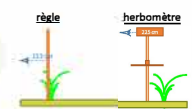


- Essai 2: essai variétal de Luzerne**
=> 440 microparcelles (5 m²), 4 blocs en dispositif augmenté
=> 8 dates de mesures des hauteurs

Mesure des hauteurs naturelles

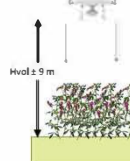
Mesures manuelles

- Couvert < 35 cm => herbomètre
- Couvert > 35 cm => règle
- 3 mesures / microparcelle



Mesures par photogrammétrie (hauteurs drone)

=> Acquisition des images avec un drone



- Caméra RGB, 20 mégapixels
- Position nadir
- Résolution des photos : 2 mm
- Recouvrement entre photos de 80%

• Résultats

Essai 1: Luzerne, Trèfle blanc, Trèfle violet

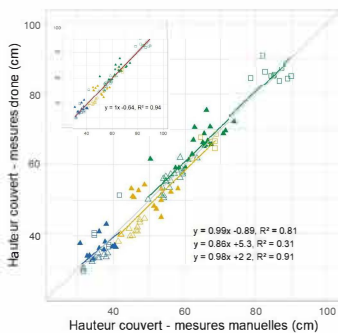


Figure 1 Comparaison des hauteurs manuelles et des hauteurs estimées par photogrammétrie (hauteurs drone). Encadré: régression toutes espèces et dates confondues.

Tableau 2 Résultats des analyses de variances à 2 facteurs sur les hauteurs manuelles et les hauteurs estimées par photogrammétrie (drone).

	Écart type résiduel (cm)		F	
	H. man	H. drone	H. man	H. drone
ANOVA Espèce *Bloc				
14/06	1,8	1,7	516,0	767,9
19/06	3,4	2,6	257,9	494,8
25/06	2,6	3,0	583,7	445,8
ANOVA Date *Bloc				
Trèfle violet	2,3	1,5	178,4	543,1
Trèfle blanc	2,3	2,4	2,4	20,0
Luzerne	3,1	2,7	289,5	421,3

*Résultats inférieurs pour les hauteurs drones
hauteurs manuelles (H. man)
hauteurs estimées par photogrammétrie (H. drone)

Tableau 1 Coefficients de variation sur les hauteurs manuelles et les hauteurs estimées par photogrammétrie

Espèce	Coefficients de variation (%)	
	H. man	H. drone
ANOVA Espèce *Bloc		
14/06	4,1	3,8
19/06	6,7	5,1
25/06	4,2	4,7
ANOVA Date *Bloc		
Trèfle violet	4,2	2,8
Trèfle blanc	6,5	6,4
Luzerne	4,5	3,8

- Des régressions entre les hauteurs drone et les hauteurs manuelles similaires entre espèces et entre dates (Figure 1)

- Meilleure discrimination des résultats (valeur de F plus élevée) dans 83 % des cas avec le drone (Tableau 2).

- Des erreurs résiduelles (Tableau 2) et des coefficients de variation (Tableau 1) sur les mesures de hauteurs manuelles et estimées (drone) de même ordre de grandeur.

Essai 2: essai variétal de Luzerne

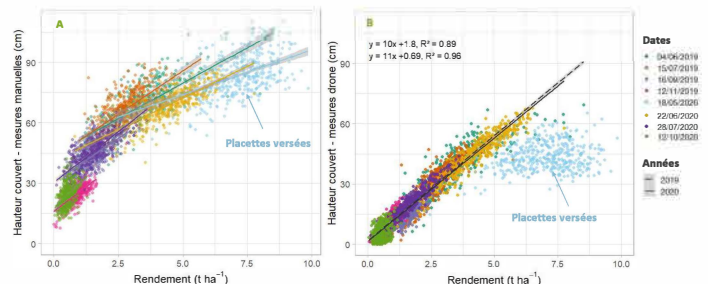


Figure 2 Corrélations entre les hauteurs estimées par photogrammétrie et les hauteurs manuelles (A) et entre les hauteurs estimées par photogrammétrie et les rendements (B). Les droites de régression ne tiennent pas compte des placettes versées (date du 18/05/2020).

Tableau 3 Résultats des analyses de variances à 2 facteurs variéte * bloc sur les hauteurs manuelles, les hauteurs estimées par photogrammétrie (drone) et les rendements.

Date	Écart type résiduel			F variées		
	H. Man (cm)	H. drone (cm)	Rendement (t ha ⁻¹)	H. man	H. drone	Rendement
03/06/2019	9,1	8,7	0,7	1,47	1,73	2,70
15/07/2019	5,1	4,2	0,6	4,50	5,17	2,01
17/09/2019	4,5	3,6	0,4	4,33	3,64	1,56
13/11/2019	2,2	2,5	0,3	11,79	9,71	3,64
18/05/2020	6,5	4,3	1,3	2,02	3,86	1,17
22/06/2020	5,9	7,0	0,8	3,49	2,46	1,82
17/07/2020	6,8	6,0	0,6	1,76	2,17	1,44
12/10/2020	4,0	3,7	0,1	1,67	2,34	2,77

Tableau 4 Comparaison des hauteurs manuelles et estimées (drone) pour prédire les rendements: coefficients de corrélation (R²).

Date	H. man	H. drone
03/06/2019	0,56	0,75
15/07/2019	0,47	0,78
17/09/2019	0,36	0,64
13/11/2019	0,46	0,73
18/05/2020	0,25	0,04
22/06/2020	0,59	0,87
17/07/2020	0,63	0,92
12/10/2020	0,2	0,14

- Des estimations de hauteurs par photogrammétrie (drone) fiables: meilleure discrimination des variétés (valeur de F plus élevée) dans 62,5 % des cas (5 dates sur 8) par rapport aux hauteurs mesurées manuellement (Tableau 3).

- Meilleure prédiction des rendements par photogrammétrie (Tableau 4): des corrélations plus fiables entre les hauteurs drones et les rendements (R² plus élevé).

- Les mesures de hauteur du couvert par photogrammétrie sont moins adaptées que les hauteurs manuelles quand les placettes sont versées (Figure 2).

• Conclusion

- Dans les deux essais l'utilisation de la photogrammétrie numérique à partir de photographies acquises avec un drone a permis d'obtenir des estimations fiables de la hauteur des couverts pour les trois légumineuses.

- L'utilisation de cette technologie de phénotypage haut débit devrait permettre dans un avenir proche de s'affranchir des mesures manuelles sujettes à de nombreuses sources d'erreurs (erreurs d'échantillonnage, d'ajustement de la règle, de lecture et de notation) et contribuer à accélérer l'amélioration génétique des espèces fourragères (augmentation du nombre d'accèsions testées dans les essais variétaux et amélioration de la précision de la valeur génétique).

1 SURAULT F., BARRE P., ESCOBAR-GUTIERREZ A.J., ROYE E. (2018): "Le drone, un nouvel outil au service de la sélection pour estimer la hauteur des plantes fourragères", *Fourrages*, 236, 281-288.