

Evaluation du développement végétatif en colza

Test d'un appareil à mesure optique



Ce document doit être cité de la manière suivante :

Vandenberghe C., Bachelart F., Grandclaudon M., De Toffoli M., Imbrecht O., Colinet G., 2017 *Evaluation du développement végétatif en colza. Test d'un appareil à mesure optique*. Dossier GRENeRA **17-05**. 16p. In Vandenberghe C., De Toffoli M., Limbourg Q., Bachelart F., Imbrecht O., Bah B., Lefébure K., Huyghebaert B., Lambert R., Colinet G., 2017 *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne et volet eau du programme wallon de réduction des pesticides – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2017 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement PROTECT'eau*. Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, Université catholique de Louvain et Centre wallon de Recherches agronomiques, 20 p. + annexes.

Table des matières

1. INTRODUCTION - OBJECTIFS	3
2. MATERIEL ET METHODE	3
2.1. APPAREIL TESTE.....	3
2.2. LES SITES DE MESURES.....	4
2.2.1. Les plateformes expérimentales de l'APPO (GxABT)	4
2.2.2. Les parcelles 'agriculteurs'	4
2.3. METHODOLOGIE D'EVALUATION	4
3. RESULTATS ET DISCUSSION	5
3.1. TEST DE REPETABILITE 'IMMEDIATE'	5
Zone sans végétation.....	5
Zone à végétation faiblement développée.....	5
Zone à végétation moyennement développée	6
Zone à végétation fortement développée	6
Conclusion	6
3.2. TEST DE REPETABILITE A COURT TERME.....	7
3.3. TEST DE JUSTESSE	8
3.3.1. Parcelles « APPO » de Gembloux et des Isnes.....	8
3.3.2. Parcelles 'agriculteurs'	11
3.4. EVALUATION DE LA PERFORMANCE DE L'ESTIMATION A L'ECHELLE DE LA PARCELLE	13
3.4.1. Représentativité des pesées de matières fraîche	13
3.4.2. Estimation de la précision 'Greenseeker'.....	14
4. CONCLUSIONS	15
5. TABLE DE CORRESPONDANCE	16

1. Introduction - objectifs

Dans le cadre d'un conseil de fertilisation azotée pour la culture de colza, la connaissance du développement végétatif en sortie d'hiver est un paramètre primordial. En effet, plus la culture est développée, plus elle a absorbé de l'azote au cours de l'automne-début d'hiver et moindres seront ses besoins au printemps.

On considère :

- qu'il faut 70 kg N/ha pour produire une tonne de graines. Pour un rendement moyen de quatre tonnes par hectare, la culture consommera donc de l'ordre de 280 kg N/ha ;
- qu'une densité de matière fraîche de 1 kg/m² correspond à un prélèvement de 70 kg N/ha et qu'un doublement de la densité double la quantité d'azote déjà prélevée par la culture.

Dès lors, il convient de bien appréhender le développement végétatif en sortie d'hiver afin de pouvoir prodiguer un conseil de fertilisation adéquat.

Jusqu'à présent, l'estimation du développement végétatif se faisait par le biais d'une pesée de matière fraîche dans deux placettes d'un mètre carré, jugées représentatives de la parcelle.

L'objectif de ce document est d'évaluer la performance d'un capteur optique portable développé pour estimer « visuellement » la densité de matière fraîche.

2. Matériel et méthode

2.1. Appareil testé

L'appareil *Greenseeker* est fabriqué par la société *Trimble*. Son principe consiste à émettre une source de lumière et à mesurer la réflexion ; le résultat de cette mesure devant être indicatrice du développement végétatif.



Prix (indicatif) : 500 € htva

Plus d'info : http://www.trimble.com/Agriculture/gs-handheld.aspx?tab=Product_Overview

2.2. Les sites de mesures

2.2.1. Les plateformes expérimentales de l'APPO (GxABT)

Les plateformes de l'APPO ont été mises à profit pour des répétitions (dans le temps et l'espace) de mesures à des fins d'évaluation de la répétabilité et de justesse. Deux sites (Gembloux et Les Isnes) ont ainsi fait l'objet d'observations mi-décembre 2016.

2.2.2. Les parcelles 'agriculteurs'

Quarante-quatre parcelles ont fait l'objet de mesures (1 à 4 répétitions) par PROTECT'eau asbl, l'UCL ou GRENeRA (GxABT). Ces mesures ont été réalisées en février 2017.

2.3. Méthodologie d'évaluation

L'évaluation est réalisée en trois étapes :

1. Tests de répétabilité : évaluation de la répétabilité instantanée, de l'impact de la lumière naturelle et de l'humidité sur la végétation.
2. Tests de justesse : évaluation de la relation entre la mesure fournie par l'appareil et la pesée de matière fraîche en un endroit donné.
3. Evaluation de la précision de l'estimation à l'échelle de la parcelle.

3. Résultats et discussion

3.1. Test de répétabilité ‘immédiate’

Zone sans végétation

Trois mesures ont été réalisées en statique, à 1 m de hauteur sur une zone sans végétation.

Les résultats des trois mesures réalisées sont 0.19, 0.20 et 0.19. La plus mauvaise répétabilité est de l'ordre de 3% ($(0.20-0.19)/0.19$).

Zone à végétation faiblement développée

Deux séries de trois mesures en mouvement (sur une distance d'environ 1.5 m.) ont été effectuées dans l'axe du semis. La première série livre les résultats suivants : 0.31, 0.34 et 0.36. La seconde série, décalée d'une trentaine de cm, livre les résultats suivants : 0.50, 0.59 et 0.49. La plus mauvaise répétabilité est de 8% pour la première série et de 12% pour la seconde.

Cette mauvaise répétabilité est expliquée par le développement anisotrope du colza (voir photo ci-contre).



Zone à végétation moyennement développée

Plusieurs tests ont été réalisés à différentes hauteurs (60 cm ou 120 cm) et en statique ou mouvement. Les résultats (16 mesures) se situent entre 0.71 et 0.75. La plus mauvaise répétabilité est de 2%.

Le colza est spatialement développé de façon assez homogène.



Zone à végétation fortement développée

Dans cette zone, deux séries de trois mesures ont été effectuées en mouvement à 1 m. de hauteur. Les mesures livrent des résultats compris entre 0.80 et 0.82. La plus mauvaise répétabilité est de 1%



Conclusion

L'appareil testé fournit une bonne répétition de mesure dans des zones à développement homogène. Dans ces conditions, une à deux mesures en statique ou mouvement, sont suffisantes pour avoir une valeur représentative.

Par contre, dans des zones à développement très hétérogènes, il convient de réaliser deux séries de deux mesures en mouvement, chaque série étant localisée sur une zone différente.

3.2. Test de répétabilité à court terme

Des mesures ont été répétées sur diverses placettes à Gembloux à quelques heures et quelques jours d'intervalle pour évaluer l'incidence sur le résultat de la mesure de la luminosité, de l'humidité et du gel sur les feuilles.

Les résultats (tableau 1) de ces mesures indiquent que :

- la répétabilité intra placette lors d'une séquence de mesures est assez bonne (ce qui confirme les enseignements du paragraphe précédent) ;
- une feuille mouillée par de la pluie (grosse goutte) n'induit pas de biais significatif ;
- une feuille gelée ou couverte d'un film de rosée impacte sérieusement la précision de la mesure.

Tableau 1. Test de répétabilité à court terme sur la parcelle de Gembloux. (humide = film de rosée, H2O = arrosage)

n° placette	poids moyen (kg/m ²)	Jeudi		Vendredi			moyenne	écart type	moyenne	Mardi Mesures AM gelé
		Mesures AM humide	Mesures PM	Mesures AM sec	Mesures PM H2O	Mesures PM H2O				
1	2,228	0,68	0,76	0,77	0,76	0,79	0,76	0,014	0,77	0,63
		0,63	0,74	0,74	0,75	0,76			0,75	0,62
		0,64	0,75	0,76	0,75	0,77			0,76	0,62
2	1,356	0,5	0,69	0,63	0,72	0,71	0,68	0,023	0,69	0,56
		0,52	0,66	0,68	0,69	0,69			0,68	0,57
		0,52	0,68	0,68	0,7	0,68			0,69	0,58
3	1,969	0,6	0,75	0,73	0,76	0,75	0,75	0,011	0,75	0,58
		0,6	0,76	0,74	0,75	0,76			0,75	0,58
		0,59	0,74	0,73	0,75	0,76			0,75	0,59
4	1,454	0,61	0,78	0,78	0,8	0,8	0,78	0,020	0,79	0,64
		0,62	0,77	0,77	0,79	0,8			0,78	0,64
		0,61	0,75	0,74	0,77	0,76			0,76	0,61
5	1,273	0,48	0,64	0,64	0,65	0,66	0,67	0,021	0,65	0,54
		0,5	0,65	0,68	0,7	0,7			0,68	0,56
		0,49	0,66	0,66	0,68	0,68			0,67	0,58
6	1,353	0,49	0,64	0,6	0,6	0,6	0,65	0,042	0,61	0,48
		0,49	0,65	0,62	0,68	0,67			0,66	0,55
		0,52	0,68	0,67	0,71	0,72			0,70	0,56

D'autres mesures (8 x 2), réalisées en début et fin d'après-midi, ont permis de confirmer l'absence d'incidence de la luminosité sur le résultat de la mesure (tableau 2).









Tableau 2. Evaluation de l'incidence de la luminosité sur le résultat de la mesure Greenseeker (parcelle de Gembloux)

N° placette	Mesure 14h soleil	Mesure 'soleil couché'
1	0,82	0,81
2	0,79	0,8
3	0,7	0,71
4	0,71	0,71
5	0,55	0,54
6	0,56	0,57
7	0,63	0,67
8	0,63	0,63

3.3. Test de justesse

3.3.1. Parcelles « APPO » de Gembloux et des Isnes

Photos et résultats des mesures sur la parcelle de Gembloux.

<p>Placette 1</p>  <p>Poids : 2.81 kg</p>	<p>Placette 2</p>  <p>Poids 3.37 kg Mesure 0.83</p>
<p>Placette 3</p>  <p>Poids 1.92 kg Mesure 0.70</p>	<p>Placette 4</p>  <p>Poids 2.19 kg Mesure 0.76</p>
<p>Placette 5</p>  <p>Poids 0.73 kg Mesure : 0.56</p>	<p>Placette 6</p>  <p>Poids : 0.8 kg Mesure 0.56</p>
<p>Placette 7</p>  <p>Poids : 1.69 kg Mesure 0.64</p>	<p>Placette 8</p>  <p>Poids : 1.62 kg Mesure : 0.64</p>

Photos et résultats des mesures sur la parcelle des Isnes

Placette 6

Poids : **0.6 kg** Lecture : 0.54

Placette 2

Poids : **0.81 kg** Lecture : 0.58

Placette 3

Poids : **0.98 kg** Lecture : 0.66

Placette 8

Poids : **1.08 kg** Lecture 0.68

Placette 7

Poids : **1.31 kg** Lecture 0.71

Placette 1

Poids : **1.31 kg** Lecture : 0.73

Placette 4

Poids : **1.82 kg** Lecture : 0.78

Placette 5

Poids : **2.31 kg** Lecture : 0.83

La figure 1 illustre graphiquement les résultats des mesures dans les deux parcelles. On constate que :

- les droites d'étalonnage établies sur base des mesures divergent sensiblement d'une parcelle à l'autre et
- l'une ou l'autre mesure s'écarte sensiblement de la droite d'étalonnage.

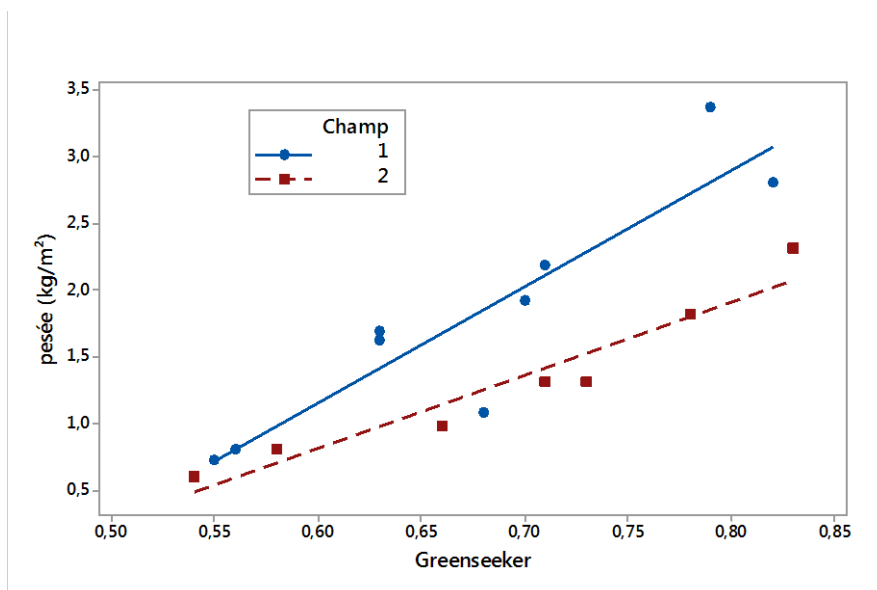


Figure 1. Relation 'Greenseeker' - pesée de matière fraîche (champ 1 = Gembloux, champ 2 = Les Isnes)

Si on établit une seule droite d'étalonnage à partir de toutes les mesures (sans tenir compte de l'effet 'champ') et qu'on observe la distribution des erreurs (figure 2), on constate que dans la moitié des situations, l'erreur (inférieure à 375 g/m²) est acceptable (inférieure à 25 uN) et que dans l'autre moitié, l'erreur paraît peu tolérable.

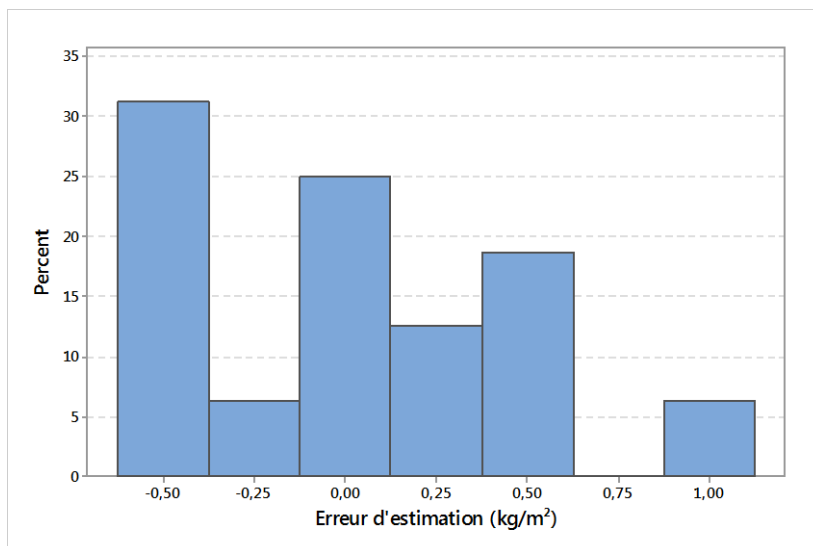


Figure 2. Histogramme des erreurs

3.3.2. Parcelles 'agriculteurs'

La figure 3 illustre la relation entre les 107 mesures 'Greenseeker' et pesées de matière fraîche réalisées dans 46 parcelles dont les deux plateformes de l'APPO (Gembloux et les Isnes). Les observations ont été réalisées dans une gamme suffisamment large et représentative du développement végétatif en sortie d'hiver (de 0,5 à 3 kg de matière fraîche par m²).

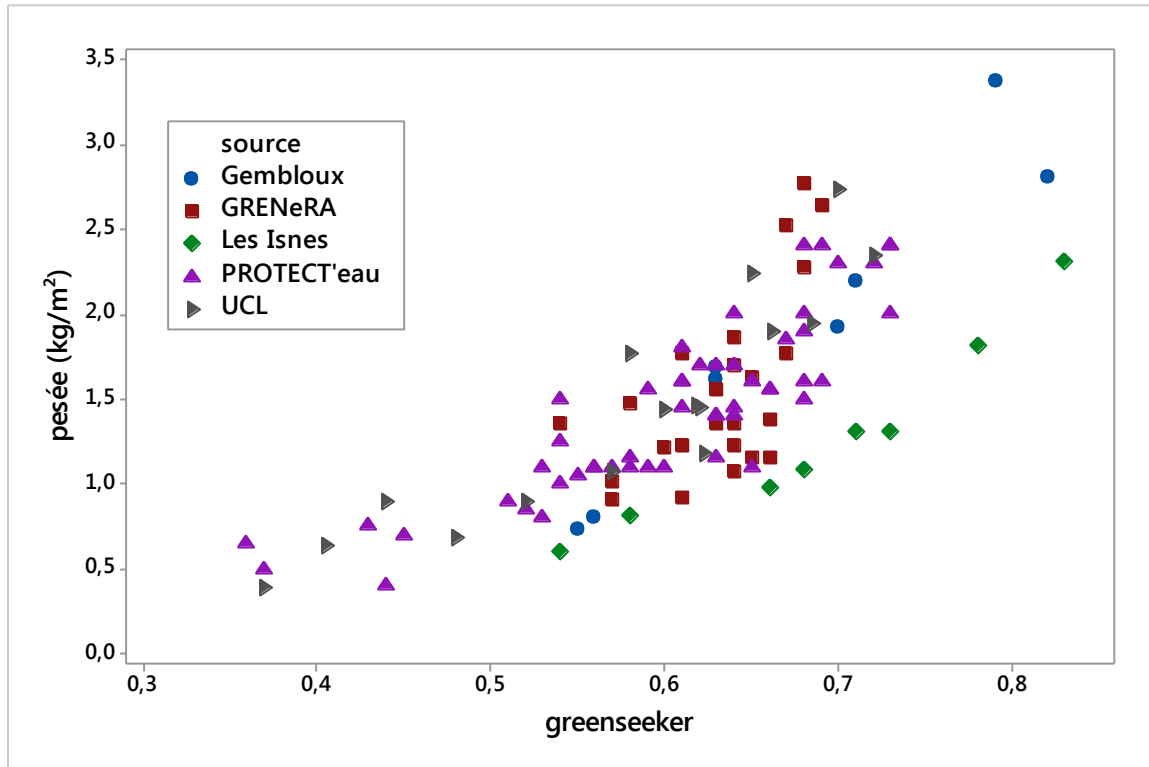


Figure 3. Relation 'greenseeker' - pesée de matière fraîche dans les parcelles 'agriculteurs' et sur les plateformes de l'APPO

Pour estimer le poids de matière fraîche à l'aide du *Greenseeker*, une courbe de correspondance a été établie sur base des observations réalisées par PROTECT'eau asbl (calibration). Les observations réalisées par l'UCL et GRENeRA (y compris les parcelles de Gembloux et des Isnes) ont été utilisées afin d'évaluer la performance de la courbe de correspondance (validation).

L'équation ($r^2 = 0,78$) établie sur base des données de PROTECT'eau est la suivante :

$$pesée = 1,66 - 6,89 \text{ Greenseeker} + 10,62 \text{ Greenseeker}^2$$

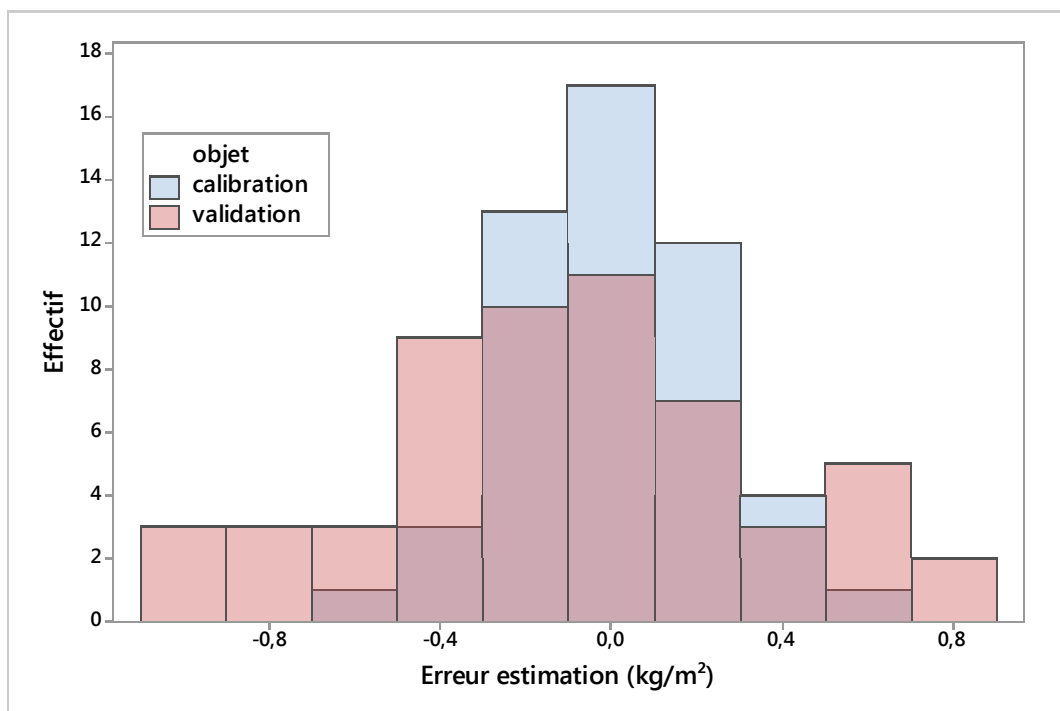
Le tableau 3 et la figure 4 illustrent la distribution des erreurs d'estimations engendrées par le recours à l'équation ci-dessus pour évaluer la densité de matière fraîche. Cette erreur est logiquement plus faible pour les données de calibration (moyenne = -0,001 kg/m²) que pour les données de validation (moyenne = -0,08 kg/m²).

Dans la moitié des situations (Q3-Q1), l'erreur n'excède pas 0,185 kg/m² et 0,354 kg/m² respectivement dans les données de calibration et validation.

Tableau 3. Description statistique des erreurs d'estimation

Variable	données	N	Mean	StDev	Minimum	Q1	Q3	Maximum
erreur	calibration	51	-0,001	0,235	-0,565	-0,185	0,118	0,518
estimation	validation	56	-0,084	0,436	-0,976	-0,354	0,157	0,888

La figure 4 illustre la moindre performance de l'estimation pour le jeu de données de validation. Il convient cependant de noter que les sous-estimations notables ont été enregistrées sur la parcelle des Isnes (déjà visible à la figure 1 et la figure 3). Aucune explication n'a pu être avancée pour commenter les observations 'atypiques' de cette parcelle.

**Figure 4. Histogramme des erreurs d'estimation**

3.4. Evaluation de la performance de l'estimation à l'échelle de la parcelle

3.4.1. Représentativité des pesées de matières fraiche

On peut estimer la marge d'erreur avec un degré de confiance $1-\alpha$ par l'équation suivante ($\alpha = 0,05$) :

$$n = 3,84 \sigma^2 / d^2$$

n étant le nombre d'échantillons, σ l'écart-type et d la marge d'erreur.

Les deux parcelles expérimentales de l'APPO ont fait l'objet de huit pesées de matière fraiche. En considérant (i) ces échantillons aléatoires et représentatifs de la parcelle, (ii) que les résultats sont distribués de façon normale (figure 5), l'équation précédente peut être utilisée pour déduire la marge d'erreur.

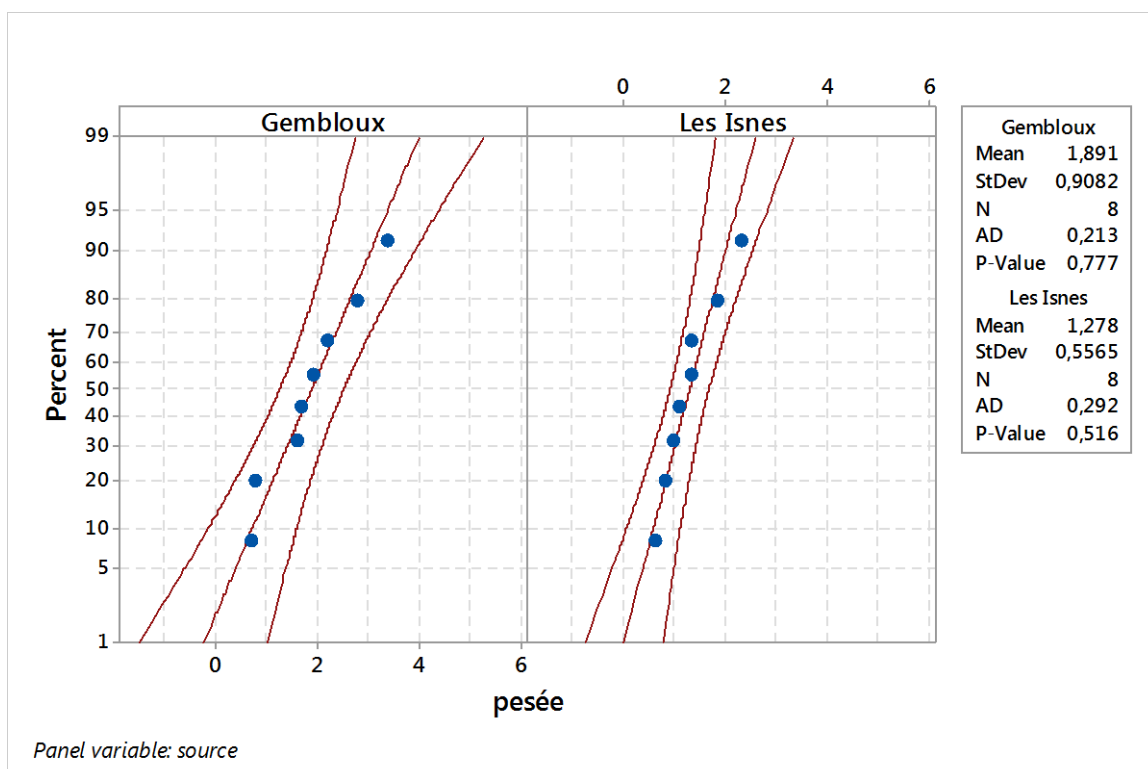


Figure 5. Test de normalité de la 'population' des pesées (kg/m²) sur les deux parcelles expérimentales de l'APPO

Il en résulte que la marge d'erreur pour l'estimation de la densité de matière fraiche à partir de deux échantillons d'un mètre carré est de 1.26 kg pour la parcelle de Gembloux ($\sigma = 0.908$) et de 0.77 kg pour la parcelle des Isnes ($\sigma = 0.556$).

3.4.2. Estimation de la précision 'Greenseeker'

Dans chacune des 46 parcelles 'sondées' à l'aide du *Greenseeker*, au moins deux pesées de matière fraîche et deux mesures *Greenseeker* ont été réalisées.

En considérant que la moyenne des pesées par parcelle est représentative de la parcelle, la relation établie au paragraphe 3.3.2 a été appliquée à la moyenne des mesures *Greenseeker* de chaque parcelle. Ces estimations ont été comparées aux moyennes des pesées de chaque parcelle pour en déduire l'erreur d'estimation à l'échelle de la parcelle.

La figure 6 illustre la performance de l'estimation 'Greenseeker' à l'échelle de la parcelle. On constate que pour près de deux tiers des parcelles, l'erreur est inférieure à 250 g/m² et que pour moins d'un dixième des parcelles, elle est supérieure à 500 g/m².

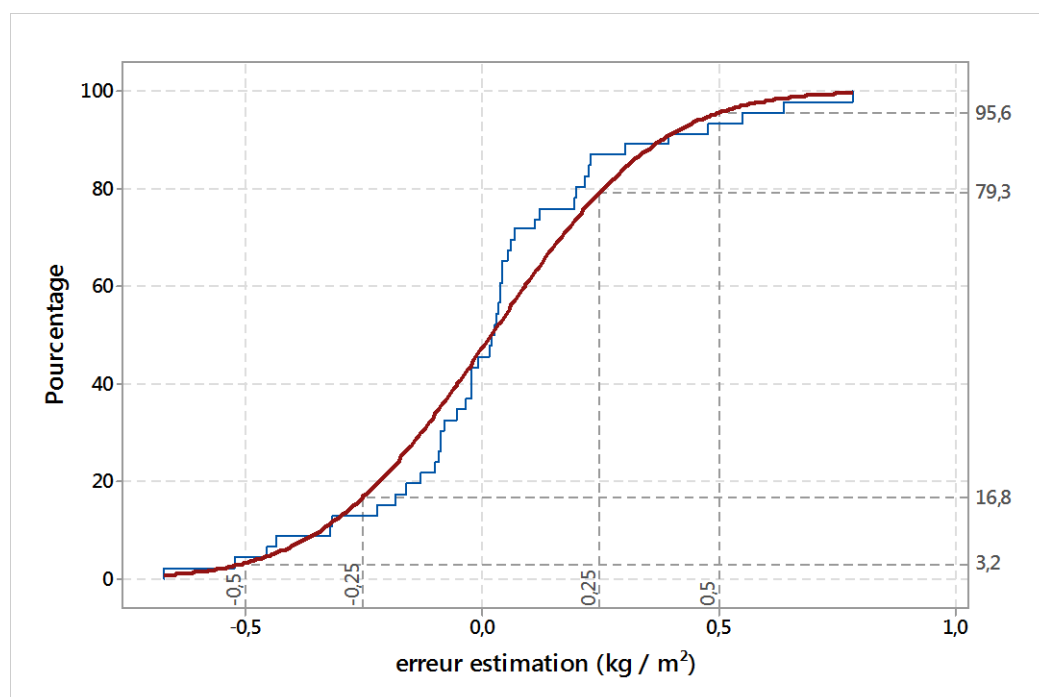


Figure 6. Distribution cumulée des erreurs d'estimation 'Greenseeker' à l'échelle des parcelles

Dans le cas de la parcelle de Gembloux (là où la pesée est la plus représentative de la parcelle puisque huit observations de densité de matière fraîche au lieu des deux habituelles), l'erreur d'estimation est de 56 g/m².

Dans le cas de la parcelle des Isnes (également huit observations) qui s'écartait le plus de la relation *Greenseeker* – densité de matière fraîche (figure 3), l'erreur d'estimation n'est « que » de 670 g/m².

4. Conclusions

Les 107 observations (mesures *Greenseeker* et densité de matière fraîche) réalisées dans 46 parcelles en début 2017 ont permis d'évaluer la performance du *Greenseeker* en tant qu'outil d'estimation de la densité de matière fraîche de colza à cette période.

Ce paramètre (densité de matière fraîche) est indispensable à la réalisation d'un conseil de fertilisation pour cette culture.

Dans une phase préliminaire, l'outil a été testé pour évaluer la répétabilité de la mesure dans différentes conditions de luminosité (début, milieu ou fin de journée, ensoleillé ou nuageux) et d'humidité (feuille sèche, gelée, couverte de rosée ou de gouttes d'eau). Ces essais ont permis de constater que :

- les conditions de luminosité n'influencent pas le résultat de la mesure (l'appareil étant équipé de sa propre source de lumière) ;
- l'utilisation du *Greenseeker* est à éviter sur une végétation gelée ou couverte de rosée.

Les observations réalisées dans les 46 parcelles ont permis d'établir une équation de correspondance *Greenseeker* – Densité de matière fraîche. L'utilisation de cette équation pour des observations ponctuelles (une placette d'observation) engendre, pour plus de la moitié des mesures, une erreur supérieure à 300 g/m².

Pour l'établissement d'un conseil de fertilisation, il convient d'avoir une estimation de la densité moyenne de matière fraîche à l'échelle de la parcelle. Jusqu'à présent, cette estimation se faisait par le biais de pesées de matière fraîches sur deux 'placettes' d'un mètre carré.

L'avantage du *Greenseeker* est de pouvoir multiplier rapidement le nombre d'observations (quelques secondes pour une mesure) contrairement aux pesées de matière fraîche (plusieurs minutes pour une mesure).

Les huit répétitions de mesures (pesées) dans les deux plateformes de l'APPO ont permis d'évaluer la marge d'erreur lorsque l'estimation de la matière fraîche est réalisée sur base de deux observations. En comparant la qualité d'une estimation à partir de la pesée de matière fraîche dans deux placettes à celle obtenue en répétant au moins deux fois la mesure *Greenseeker*, on constate que l'usage de cet appareil permet certainement d'atteindre dans la majorité des situations un niveau de précision acceptable (de l'ordre de 250 g/m²).

Sur base de ces observations, l'utilisation du *Greenseeker* est tout-à-fait justifiée pour l'évaluation de la densité de matière fraîche.

Il conviendrait cependant de reproduire ces observations (comparaison *Greenseeker* – pesées) une année supplémentaire pour confirmer l'équation et mieux appréhender un éventuel 'effet année'.

5. Table de correspondance

Le tableau 4 est construit à l'aide de la relation définie au paragraphe 3.3.2 :

$$\text{Densité de matière fraîche (kg/m}^2\text{)} = 1,66 - 6,89 \text{ Greenseeker} + 10,62 \text{ Greenseeker}^2$$

Tableau 4. Table de correspondance Greenseeker – densité de matière fraîche (kg/m²)

Greenseeker	Matière fraîche (kg/m ²)	Greenseeker	Matière fraîche (kg/m ²)
0,36	0,55	0,61	1,41
0,37	0,56	0,62	1,47
0,38	0,57	0,63	1,53
0,39	0,59	0,64	1,60
0,40	0,60	0,65	1,66
0,41	0,62	0,66	1,74
0,42	0,64	0,67	1,81
0,43	0,66	0,68	1,88
0,44	0,68	0,69	1,96
0,45	0,71	0,70	2,04
0,46	0,73	0,71	2,12
0,47	0,76	0,72	2,20
0,48	0,80	0,73	2,29
0,49	0,83	0,74	2,37
0,50	0,87	0,75	2,46
0,51	0,91	0,76	2,55
0,52	0,95	0,77	2,65
0,53	0,99	0,78	2,74
0,54	1,03	0,79	2,84
0,55	1,08	0,80	2,94
0,56	1,13	0,81	3,04
0,57	1,18	0,82	3,15
0,58	1,23	0,83	3,25
0,59	1,29	0,84	3,36
0,60	1,35	0,85	3,47