

Zeitschrift: Technique agricole Suisse

Herausgeber: Technique agricole Suisse

Band: 81 (2019)

Heft: 1

Artikel: Les capteurs reflètent la différence

Autor: Hunger, Ruedi

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1086445>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les capteurs reflètent la différence

La fertilisation adaptée aux besoins des plantes cultivées est depuis toujours indispensable à une production agricole durable. Guidée par capteurs, elle permet, dans le cas des céréales, d'accroître le rendement et la teneur en protéines.

Ruedi Hunger



Installé sur le toit de la cabine, le Yara-N-Sensor «ALS» mesure et analyse la lumière solaire réfléchie par un couvert végétal. Photo: Yara

Les capteurs d'azote fonctionnent de la même façon que l'œil avisé du cultivateur: ils se servent de la réflexion de la lumière des plantes. La chlorophylle contenue dans les feuilles reflète le vert d'une lumière visible avec plus d'intensité que ce que les capteurs et nos yeux perçoivent. C'est pourquoi les feuilles nous semblent toujours vertes, en particulier celles qui disposent de suffisamment d'azote. Quand les données saisies par le capteur sont utilisées pour déterminer la

fertilisation azotée, d'autres facteurs qui influencent la couleur des feuilles et donc les propriétés de réflexion des plantes doivent être exclus. Ces facteurs peuvent notamment indiquer des carences (de soufre, de manganèse) ou des maladies végétales. Les zones de sol comprimées, le stress hydrique et l'humidité stagnante ont pour conséquence l'éclaircissement des parcelles et induisent des interprétations erronées des valeurs de mesures. Depuis 2002, il existe des capteurs qui

mesurent la teneur en différents éléments des plantes et qui adaptent en temps réel la quantité de fertilisants à épandre.

Systèmes mécanique et optiques

L'état de développement des plantes peut être vérifié au moyen d'un pendule ou de dispositifs de mesures optiques:

- Système mécanique
Une option est (était) de vérifier la résistance à la flexion des plantes à l'aide d'un

Technologie des différents capteurs pour la fertilisation azotée

	Crop Sensor	N-Sensor ALS	Crop Circle	GreenSeeker	CropSpecTM	Isaria	(MiniVeg N)
Constructeur	Claas / Fritzmeier	Agricon / Yara ALS	Holland Scientific	Trimble / Landdata	Topcon	Fritzmeier	Fritzmeier
Principe de mesure	Optique (spectromètre)	Optique (photodiodes)	Optique (photodiodes)	Optique (photodiodes)	Optique	Optique	Optique (photomultiplicateur)
Paramètre	Absorption d'azote de la biomasse	Absorption d'azote de la biomasse	NDVI* de la biomasse	NDVI* de la biomasse	Absorption d'azote de la biomasse	Absorption d'azote de la biomasse	Cchl** par fluorescence
Visée	Verticale	biomasse	Verticale	Verticale	Oblique	Verticale	Verticale
Montage	Sur un bras à l'avant du tracteur	Sur le toit de la cabine	Sur un bras à l'avant du tracteur	Sur un bras à l'avant du tracteur	Sur le toit de la cabine	Sur un bras à l'avant du tracteur	Sur un bras à l'avant du tracteur
Champs de mesure	À gauche / à droite, le long de la voie	À gauche / à droite, le long de la voie	À gauche / à droite, le long de la voie	À gauche / à droite, le long de la voie	À gauche / à droite, le long de la voie	À gauche / à droite, le long de la voie	À gauche / à droite, le long de la voie
Source lumineuse	LED	Lampe flash au xénon	LED	LED	Laser	LED	Laser
Nombre de capteurs	2	2	2	2 ou 4	2	2	4
Durée	24 heures	24 heures	24 heures	24 heures	24 heures	24 heures	24 heures
Cultures	Céréales, colza, maïs, pommes de terre, bette-raves, herbe	Céréales, colza, maïs, pommes de terre, bette-raves, herbe	Céréales, colza, maïs, pommes de terre, bette-raves, herbe	Céréales, colza, maïs, pommes de terre, bette-raves, herbe	Céréales, colza, maïs, pommes de terre, bette-raves, herbe	Céréales, colza, herbe	Céréales
Calibrage	Libre	Libre et absolu	Libre	Libre et absolu	Libre	Libre	Libre
Utilisation sur le terrain	Depuis 2010	Depuis 1999	Depuis 2005	Depuis 2009	Depuis 2011 (attendue)	Depuis 2009	Depuis 2005
Remarque						Aucun calibrage nécessaire avec le « système de fertilisation »	3 cm de distance entre le capteur et la surface de mesure
Prix indicatif	18 000 euros	de 27 000 à 37 000 euros	12 500 euros	de 25 000 à 31 000 euros	Aucune indication	17 000 euros (également proposé par Claas)	33 500 euros (n'est plus commercialisé)
	*NDVI Indice de végétation par différence normalisée; indicateur de la biomasse	**Cchl Indicateur de la concentration en chlorophylle					

Source: Yves Reckleben; fascicule Sensorik, 2015, sous réserve de modifications

pendule. En outre, la déviation du pendule guidé à travers la parcelle est mesurée. Plus la résistance est élevée, plus la plante est stable. Cette résistance n'est pas uniquement influencée par son état, mais, dans une certaine mesure, elle est aussi « faussée » par l'effet des régulateurs de croissance. Le système mécanique des entreprises Claas et Müller Elektronik n'est plus commercialisé depuis 2014.

- Systèmes optiques

Tous les autres systèmes de mesure actuellement disponibles sur le marché destinés à vérifier l'état de développement des végétaux fonctionnent indirectement grâce à des mesures optiques (voir tableau ci-dessus). Ces capteurs sans



Le capteur « GreenSeeker » de Trimble est monté à l'avant du tracteur. Photo: Trimble

L'indice de végétation (selon Böhrnsen)

NDV: reconnu à l'échelle internationale, l'Indice de végétation par différence normalisée, abrégé NDVI, du terme anglais « Normalized Difference Vegetation Index » décrit la croissance de la biomasse. On calcule le NDVI en mesurant la réflexion de la lumière de deux longueurs d'onde. L'une d'entre elles doit provenir de la bande rouge et une autre de la bande proche infrarouge. L'indice de biomasse est également déterminé au moyen de la télédétection par satellite. Cette valeur est avant tout une mesure de la couverture végétale de la surface. Son utilisation visant à analyser la fertilisation en azote est controversée parce qu'une forme de saturation survient dans les parcelles végétales denses et bien traitées, ce qui a pour conséquence que les différences ne sont plus perceptibles.

REIP: le « Red Edge Inflection Point » (REIP) décrit le point décisif auquel l'intensité lumineuse réfléchie passe des longueurs d'onde rouges aux infrarouges. A cet instant, la réflexion des plantes vertes augmente considérablement et de façon abrupte. Cette augmentation est moins marquée si les plantes ont reçu trop peu d'azote. Afin de calculer le point décisif de

contact analysent soit la réflexion soit la fluorescence, et déterminent l'état nutritionnel sur la base de leur intensité. Un des avantages de cette mesure indirecte et sans contact est que, selon le point de montage du capteur, des surfaces de mesure plus ou moins grandes peuvent être considérées et prises en compte au moment de choisir l'engrais.

la montée rouge-infrarouge, les intensités lumineuses de quatre longueurs d'onde des bandes rouge et proche infrarouge doivent être mesurées. Etant donné que le REIP ne dépend que de façon limitée de la variété et affiche des différences même en cas de bonne teneur en azote des plantes, il semble être bien adapté à une régulation automatique des quantités à épandre.

Fluorescence chlorophyllienne: la lumière stimule la chlorophylle dans les plantes à émettre ce qu'on appelle de la « fluorescence ». Il est possible de déclencher délibérément cette émission en irradiant de la lumière laser sur les feuilles des plantes. La chlorophylle吸orbe la lumière d'excitation avec une longueur d'onde et une énergie connues. Etant donné que la chlorophylle réagit de façon très caractéristique à l'irradiation de lumière laser, la fluorescence chlorophyllienne induite par laser permet de déterminer avec précision l'activité de photosynthèse et, par conséquent, également la teneur en azote. Cependant, étant donné que, pour des raisons de sécurité, l'intensité laser est limitée lors de l'utilisation d'un capteur d'azote, celui-ci doit être guidé très près de la parcelle.

Principe de fonctionnement

La lumière LED rouge et proche infrarouge émise par exemple par le capteur Fritzmeier/Isaria est monochrome, soit presque unicolore. Au centre de la tête du capteur se trouve l'optique du détecteur de lumière. Les photodiodes qu'il contient mesurent le courant photo-électrique produit par la lumière incidente, et ainsi l'in-

tensité de la lumière. L'ordinateur de tâches enregistre jusqu'à 1000 valeurs de mesure par seconde. A titre de comparaison, l'œil humain traite un maximum de 20 images par seconde. Afin de communiquer le besoin en azote, le capteur se sert d'un indice de végétation (REIP, voir encadré ci-contre). L'ordinateur envoie par «Bluetooth» les valeurs enregistrées au terminal Isaria dans la cabine une fois par seconde. Enfin, le terminal Isaria transmet à l'ordinateur de l'épandeur la quantité d'engrais demandée sous forme de commande. L'intervalle de mise à jour peut être réglé (p. ex. toutes les 5 secondes).

Calibrage obligatoire

Tous les capteurs doivent être calibrés en fonction de la date de l'application (Reckleben, 2007). Cela signifie qu'ils doivent être adaptés aux conditions existantes sur le lieu au moment de l'application.

Le terme « capteur d'azote » est en fait erroné, puisqu'aucun capteur ne peut mesurer la teneur effective en azote. Cependant, tous les capteurs présents sur le marché analysent les différences qui surviennent de façon naturelle dans le développement d'une parcelle.



Le capteur Isaria/Fritzmeier est employé ici dans une parcelle de colza. Photo: CNH/Fritzmeier

tion, en particulier au développement de la parcelle, à la stratégie de fertilisation, aux besoins en azote et à la réflexion propre à chaque variété. En cas de « calibrage libre », l'utilisateur peut décider ce que le capteur doit faire, c'est-à-dire quelle quantité d'azote doit être épandue sur les surfaces partielles bien développées ou mal développées. En cas de « calibrage absolu », la stratégie est définie pour chaque stade du développement et l'utilisateur décide uniquement du taux de fertilisation en azote et de la plage de régulation au moment du calibrage.

L'évaluation de la quantité d'azote de référence s'effectue manuellement au moyen de différents testeurs des besoins, indépendamment de la variété et du stade de développement.



Classiquement, les capteurs servent à garantir une fertilisation de haute qualité des céréales. Photo: Claas/Fritzmeier.

La réflexion de la lumière

La photosynthèse est le processus métabolique de base sur Terre. Elle fait partie de tous les processus de production de biomasse. Grâce à la photosynthèse, l'énergie nécessaire aux processus vitaux est produite et l'oxygène nécessaire à la respiration est libéré. Les pigments de chlorophylle indispensables à la photosynthèse absorbent la lumière de longueurs d'onde différentes. Quand les parts de lumière bleues et rouges sont extraites par absorption de la lumière « blanche » visible, la couleur verte reste dans la part de lumière réfléchie. Cela explique pourquoi la feuille prend cette couleur (Reckleben, 2004). Plus une plante est vert foncé, plus la part de lumière bleue et rouge absorbée par la chlorophylle est grande, ce qui indique que la situation nutritionnelle de la plante est bonne (Thiessen, 2002). Mieux la plante est alimentée, plus le rayonnement dans le proche infrarouge est grand. Le rapport entre la réflexion infrarouge et la réflexion dans le domaine des longueurs d'onde rouges visibles est un indicateur du développement de la biomasse. Les maladies, l'alimentation en soufre, l'humidité stagnante, etc. influent sur la teneur en chlorophylle. La présence d'eau de condensation sur les plantes modifie la réflexion.

En bref

Les différents capteurs se distinguent certes par leur valeur de mesure, mais aussi par leur équipement et leur fonctionnalité. Le point de raccordement est décisif car il détermine l'étendue de la surface analysée. La visée oblique du capteur depuis le toit de la cabine vers le champ permet d'analyser une surface relativement

grande. La visée verticale nécessite des distances plus grandes ou plus de capteurs afin de couvrir la même surface. La surface analysée par capteur mesure de 0,144 à 4,0 m². L'utilisation de tels systèmes s'avère judicieuse à partir de 100 hectares. En Allemagne, différents utilisateurs estiment que le seuil de rentabilité se situe entre 300 et 400 hectares. ■

Comparaison des différents types de capteurs

Capteurs pour la fertilisation azotée variable

Capteur mécanique	Capteurs optiques		
		Paramètre : réflexion	Paramètre : fluorescence
Capteur pendulaire de Claas / Müller Elektronik (n'est plus commercialisé depuis 2014)	Yara-N-Sensor Yara-N-Sensor ALS Crop Circle Greenseeker Isaria	MiniVeg-N CropSpec	
Une parcelle doit être fermée pour que la déviation du capteur pendulaire donne un résultat réaliste et le MiniVeg-N doit être guidé à une distance définie de trois centimètres au-dessus de la surface de mesure, ce qui se révèle impossible au moment de l'épiéaison. C'est pourquoi ces deux capteurs ne sont plus commercialisés.			