

# UTILISATION D'INDICES DE VÉGÉTATION ET D'INDICES AZOTES POUR LA PRECONISATION D'UN APPORT AZOTÉ EN FIN DE CYCLE SUR UNE CULTURE DE MAÏS GRAIN IRRIGUÉ.

## RÉSULTATS DANS LE CADRE DU PROJET LIFE+ *FUTUR AGRARI*

Domingo Olivé, F.<sup>1</sup>, Jabardo Camprubí, M.<sup>1</sup>, Ortiz Gama, C.<sup>2</sup>; Canut Torrijos, N.<sup>2</sup>, Piferrer Guillen, X.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IRTA Mas Badia, E-17134 La Tallada d'Empordà (Catalogne). [francesc.domingo@irta.cat](mailto:francesc.domingo@irta.cat)

<sup>2</sup>DARP- Servei de Sòls i Gestió Mediambiental de la Producció Agrària, E-25001 Lleida (Catalogne).

## Introduction et contexte

La dose d'azote prévisionnelle à apporter sur une culture de maïs se réalise en utilisant la méthode des bilans azotés associée à d'autres outils complémentaires (reliquat en azote minéral du sol, par exemple). En cas d'utilisation du système d'irrigation pour appliquer de l'azote pendant le développement de la culture (fertigation), il est possible de retarder les apports pour fournir l'azote à la plante quand elle en a besoin. Dans ce cas il est conseillé d'ajuster le dernier apport azoté (floraison) avec un outil de pilotage capable de faire un diagnostic de la nutrition azotée de la culture. Les capteurs optiques sont des outils qui peuvent être utilisés pour faire ce diagnostic.

Le projet LIFE+ *Futur Agrari* ([www.futuragrari.cat](http://www.futuragrari.cat)) est développé par le Département de l'Agriculture du Gouvernement de la Catalogne avec la collaboration d'autres institutions et centres nationaux de recherche. Ce projet mène notamment des activités qui ont pour objectif de montrer et d'améliorer la fertilisation des grandes cultures, notamment l'utilisation des produits organiques d'origine animale, comme les lisiers et fumiers. Ces activités se déroulent sur le bassin irrigué d'Algèrri-Balaguer (Catalogne), avec plus de 8000 ha irrigués par aspersion, avec du maïs et de l'orge comme cultures principales, et une forte densité d'exploitations porcines.

## Matériels et méthodes

C'est dans ce cadre, qu'un essai a été mis en place en 2014 (trois blocs avec randomisation totale) sur la fertilisation azotée minérale (quatre traitements) sur maïs. L'irrigation de la culture se fait par aspersion et les secteurs d'irrigation (approximativement 0,5 ha chacun) d'une parcelle commerciale ont été utilisés comme parcelles élémentaires de l'essai. Le sol de la parcelle est calcaire, de texture limoneuse, sans salinité et bien drainé, mais il n'était pas uniforme. La zone ouest présente un sol peu profond (< 0,4 m) et très profond (>1,20 m) à l'est. Cela implique une grande différence de niveau de réserve utile accessible par la plante. Les répétitions de l'essai ont été ordonnées d'est en ouest, pour piéger le gradient de sol.

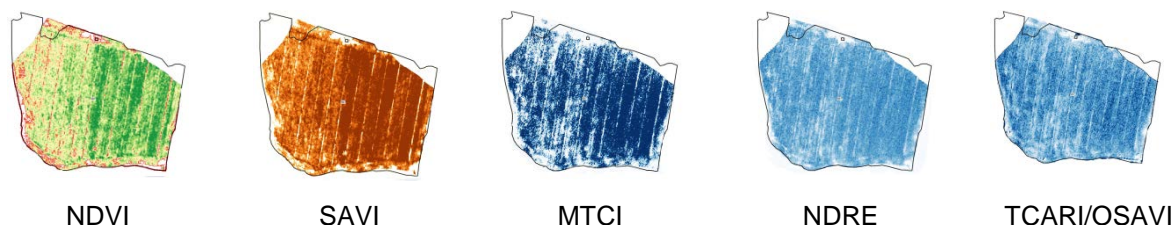
Avant le semis, le sol a reçu une application uniforme du lisier de porc (40 m<sup>3</sup>/ha soit 236 kg N/ha). La dose d'azote minérale prévisionnelle est calculée à 116 kg N/ha, et a été apportée avec l'eau d'irrigation, entre le stade six feuilles ligulées et floraison, en deux ou trois apports en fonction du traitement : A (43+30+0), B (86+30+0), C (43+30+43) et D (86+30+43).

Avant la floraison et le dernier apport d'azote, une caméra multispectrale (Tetracam) installée dans un hélicoptère a pris des images aériennes de l'essai. Les longueurs d'ondes mesurées ont été: 450, 550, 670, 710, 720 et 800 nm. Avec cette information, des indices de végétation (NDVI et SAVI) et des indices azotés (NDRE, MTCI et TCARI/OSAVI) ont été calculés (Bagheri *et al.*, 2012; Dash et Curran, 2007; Fitzgerald *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2014) pour étudier leur possible utilisation pour faire un diagnostic de la nutrition azotée du maïs et ainsi préconiser un apport azoté fin de cycle (floraison) sur maïs.

## Résultats et discussion

Au moment de la mesure avec le capteur optique, le dernier apport d'azote n'était pas appliqué. Par conséquent, les doses d'azote apportées sur la culture étaient les mêmes pour les traitements A et C (2/3 de la dose d'azote minérale prévisionnelle calculée= 73 kg N/ha), et pour B et D (dose d'azote minérale prévisionnelle apportée en totalité).

Les différents indices mesurés, de végétation ou azotés, ont montré des différences importantes entre répétitions, en raison d'un développement très variable de la culture d'un bloc à l'autre (Figure 1). Cette grande variabilité entre blocs conditionne fortement l'obtention de résultats significatifs entre les quatre traitements de fertilisation azotée. L'indice NDVI, bon estimateur de la biomasse verte produite, et l'indice SAVI, qui corrige l'information précédente considérant l'influence du sol nu sur l'information obtenue par le capteur, n'ont pas permis de différencier les groupes de traitements avec des doses d'azote apporté différentes (A-B vs C-D). Par contre, les indices mieux corrélés à la nutrition azotée de la culture d'après la bibliographie, montrent une tendance à différencier les traitements avec un apport de 43 kg N/ha de plus.



**Figure 1.** Images de différents indices calculés sur la parcelle d'essai. Castelló de Farfanya (Catalogne).

L'indice TCARI/OSAVI montre une différence significative ( $\alpha=0,05$ ) entre les doses d'azote minéral apportés. Les traitements ont aussi été discriminés en utilisant l'indice NDRE avec un niveau de significativité plus faible ( $\alpha=0,1$ ). L'indice MTCI n'est pas capable de différencier significativement les deux groupes de traitements, mais la probabilité est proche de la limite (Tableau 1). Dans le projet LIFE+ *Futur Agrari*, plusieurs des parcelles agricoles commerciales sont étudiées avec des capteurs. Dans quelques unes de ces parcelles les indices azotés ont identifié clairement des zones avec différentes doses d'azote apportées à la culture du maïs. Ces indices azotés, notamment TCARI/OSAVI, sont utilisables pour faire un diagnostic de nutrition azotée, à condition de se comparer à une référence surfertilisée. Cependant, plusieurs travaux de recherche seront nécessaires avant la complète opérationnalité de cette méthodologie comme le constate aussi Quemada *et al.* (2014).

**Tableau 1.** Indices de végétation et indices azotés sur une culture de maïs avant floraison pour différents traitements azotés. Essai à Castelló de Farfanya (Catalogne).

Traitement	Dose de N (kg N/ha)	Index						
		NDVI	SAVI	MTCI	NDRE	TCARI/OSAVI		
A ; C	73	0,8348	1,2521	8,4320	0,7813	b	3635,8	a
B ; D	116	0,8363	1,2545	8,9445	0,7896	a	3477,6	b
<i>p-valeur traitement</i>		0,6048	0,6048	0,1009	0,0817		0,0396	
<i>p-valeur répétition</i>		0,0616	0,0616	0,0037	0,0157		0,0252	

### Références bibliographiques

- Bagheri, N., Ahmadi, H., Alavipanah, S.K., Omid, M. **2012**. Soil-line vegetation indices for corn nitrogen content prediction. *International Agrophysics Journal*. Vol. 26, pages 103-108.
- Dash, J., Curran, P.J. **2007**. Evaluation of the MERIS terrestrial chlorophyll index (MTCI). *Advances in Space Research*. Vol. 39 (1), pages 100–104.
- Fitzgerald, G., Rodriguez, D., O'Leary, G. **2010**. Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field Crops Research* Vol. 116, pages 318–324.
- Li, F., Miao, Y., Feng, G., Yuan, F., Yue, S., Gao, X., Liu, Y., Liu, B., L. Ustin, S.L., Chen, X. **2014**. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices. *Field Crops Research* Vol. 157, pages 111–123.
- Quemada, M., Gabriel, J.L., Zarco-Tejada, P. **2014**. Airborne Hyperspectral Images and Ground-Level Optical Sensors as Assessment tools for Maize Nitrogen Fertilization. *Remote sensing*, 6, 2940-2962.